Streng gleichzeitige Messungen der positiven und negativen atmosphärischen Leitfähigkeit in Potsdam

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
genehmigt von der
Philosophischen Fakultät der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von
Karlwerner Zegula
aus Potsdam

Tag der Promotion: 18. 6. 1936
Tag der mündlichen Prüfung: 18. 12. 1935

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i. W.

1936

167

Referenten: Prof. Dr. K. Kähler
Prof. Dr. H. von Ficker

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gliederung.

Einleitung 1

A. Meßmethode und Meßerfahrungen 3

I. Die Apparatur 3

II. Die Messung 4

III. Kontrollversuche 6

B. Meßergebnisse 9

I. Allgemeines 9

II. Absolute Werte 10

a) Mittelwerte und Extremwerte 10

b) Jährlicher Gang 17

c) Täglicher Gang 19

III. Abhängigkeit der Leitfähigkeit von meteorologischen Faktoren . . . 22

a) Ungestörte Tage 22

1. Sicht, relative Feuchtigkeit und Äquivalenz-Temperatur . . . 22

2. Luftkörpereinfluß 26

3. Windrichtung, Windstärke und Austausch 30

b) Gestörte Tage 32

1. Wolkeneinfluß 32

2. Nebel und Dunst 34

3. Niederschlagsmessungen 39

4. Böen und Gewitter 43

IV. Leitfähigkeit, leichte Ionen und Kernzahlen 50

a) Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und leichten Ionen . . 50

b) Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und Kerngehalt . . . 56

Zusammenfassung 59

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535708_0257

Einleitung.

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft erfolgt nach zwei Methoden: angenähert durch Zerstreuungsmessungen und exakt nach der Aspirationsmethode. Der von Elster und Geitel[1]) angegebenen Anordnung der Zerstreuungsmessungen hafteten mit der Ausbildung eines halbgesättigten Stromes zwischen Zerstreuungskörper und Schutzzylinder und dem Fehlen einer ausreichenden Ventilation zwei prinzipielle Fehler an. Statt des Zerstreuungskörpers von Elster und Geitel verwandte Schering[2]) einen mehrere Meter langen Draht, der, von einem Drahtnetz konzentrisch umgeben, an erdfeldfreien Orten aufgestellt wurde; er erreichte damit Ohmschen Strom und eine bessere Ventilation. Allerdings sind die Ergebnisse bei schwacher Luftbewegung vorsichtig zu bewerten. Benndorf[3]) entwickelte für diese Anordnung die Theorie einer Registrierung mit automatischer Aufladung. Am Potsdamer Meteorologischen Observatorium richtete Kähler[4]) eine Registrierung nach dieser Methode ein, die über 10 Jahre lang zur Zufriedenheit arbeitete. Isolationsfehler traten nur in der wärmeren Jahreszeit auf: die von kleinen Spinnen zwischen Zerstreuungsdraht und Erdnetz gesponnenen Fäden wurden vom Nachttau leitend und führten die Ladung des Zerstreuungsdrahtes über das Netz zur Erde. Zeitweilige Abhilfe schuf eine jeden Abend vorgenommene Ableuchtung der Anordnung mit einer Fackel. Mit der Aspirationsmethode, die Ebert[5]) zur Messung der leichten Ionen benutzt hatte, führte Gerdien[6]) exakte Leitfähigkeitsmessungen aus. Sein nach dem Entladungsprinzip arbeitender Zylinder-Kondensator beruhte auf dem Grundsatz, daß das künstliche Feld eines zylindrischen Meßkondensators dem durchgesaugten Luftstrom nur einen Teil seiner Träger entzieht; dieser Teil ist proportional der Leitfähigkeit der Luft. Swann[7]) ersetzte als erster die Entlademethode beim Ebertschen Ionenzähler durch eine Aufademethode und das Elektroskop durch ein empfindliches Einfadenelektrometer; dadurch wurde die Meßzeit stark verkürzt. Zum Schutz gegen Influenzwirkungen wurde die aufgeladene Außenelektrode von einem geerdeten Metallrohr umgeben. Eine später von Gish[8]) verbesserte Anordnung (Swannsche Schutzvorrichtung) ließ die eintretenden Ionen unbeeinflußt in den Meßkondensator gelangen. Ein Zylinderkondensator mit homogenem Feld, der in Aufladeschaltung bei

---

[1]) J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. **1**, 11 und 245, 1899. Ann. d. Phys. **2**, 425, 1900.

[2]) H. Schering, Ann. d. Phys. **20**, 174, 1906; Göttinger Nachrichten 1908, S. 201.

[3]) H. Benndorf, Wiener Ber. **118**, 1192, 1909.

[4]) K. Kähler, Einführung in die atmosphär. Elektrizität, S. 27, Berlin 1929.

[5]) H. Ebert, Phys. Zeitschr. **2**, 662, 1901.

[6]) H. Gerdien, Phys. Zeitschr. **6**, 800, 1905; Göttinger Nachrichten 1905, S. 240.

[7]) W. G. F. Swann, Terrestr. Magn. **19**, 171, 1914.

[8]) O. H. Gish: Gerl. Beitr. z. Geophysik **35**, 1, 1932.

sehr kurzer Meßzeit Leitfähigkeit und leichte Jonen mißt, wurde in Potsdam von Kähler und Scholz[9]) gebaut. Später wurde ein zweiter, gleichartiger daneben gesetzt, der als Kontrollgerät unter gleichbleibenden Bedingungen arbeitete, während mit dem anderen unter wechselnden Bedingungen experimentiert werden konnte.

Leitfähigkeitsmessungen für Potsdam liegen vor für die Zeit von 1909—1921. Sie wurden mit der Scheringschen Registriermethode mit automatischer Aufladung gewonnen und von Kähler[10]) und Markgraf[11]) bearbeitet. Scholz[12]) hat mit der von ihm eingerichteten Apparatur einige Messungen der Leitfähigkeit und der leichten Jonen gemacht. Es war erwünscht, nach über 10jähriger Pause Leitfähigkeitsmessungen mit der verbesserten Aspirationsmethode über einen längeren Zeitraum hinweg regelmäßig vorzunehmen.

Die vorliegende Arbeit verwendet einjährige Messungen mit zwei von Kähler und Scholz gebauten Kondensatoren. Im Vordergrunde standen dabei Messungen der positiven und negativen Leitfähigkeit, deren Ergebnisse in Beziehung gesetzt wurden zum Witterungsablauf. Dabei kam es vor allem darauf an, zu klären, ob die bisher bekannten Beziehungen zwischen Meteorologie und Leitfähigkeit nur durch Zufälligkeiten der Mittelwertbildung entstanden waren, oder ob sie reell sind. Im letzten Fall mußten auch die Schwankungen der meteorologischen Elemente innerhalb eines Tages von Einfluß sein. Dauermessungen sollten versuchen, diese Frage zu klären. Die strenge Gleichzeitigkeit der Messungen bot die Möglichkeit, die verschiedenartige Schwankung beider Elemente unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen zu verfolgen. Dazu kamen Messungen der leichten Jonen, Parallelmessungen zwischen Leitfähigkeit und leichten Jonen, sowie Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und Kernzahlen. Diesen Messungen waren einige Untersuchungen am Kondensator vorangegangen.

---

[9]) J. Scholz, Phys. Zeitschr. **32**, 130, 1931.

[10]) K. Kähler, Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam 1911; Phys. Zeitschr. **13**, 1216, 1912.

[11]) H. Markgraf, Luftelektrisches Klima von Potsdam. Berl. Diss. 1924 (nur in Schreibmaschinenexemplaren vorhanden); Auszüge: Met. Zeitschr. **41**, 65 und 165, 1924.

[12]) J. Scholz, Gerl. Beitr. z. Geophysik **29**, 226, 1931.

A. Meßmethode und Meßerfahrungen.

1. Die Apparatur.

Die Apparatur, die bereits ausführlich von Scholz (l. c. S. 2 Anm. 9) beschrieben wurde, bestand aus zwei Kondensatoren, von denen der eine im folgenden mit A, der andere mit B bezeichnet werden soll. Jeder Kondensator hatte eine 400 mm lange, mit 2 Hartgummiringen isolierte Außenelektrode von 160 mm Durchmesser und eine gleich lange, 3 mm dicke Innenelektrode. Eine Schutzvorrichtung nach Becker[1]) sollte das Feld homogen machen und den schädlichen Joneneinfluß verhüten. An die Innenelektrode jedes Kondensators war ein Lindemann-Elektrometer (Hersteller Spindler und Hoyer, Göttingen) angeschlossen. Das rechtwinklige Zuführungsstück Innenelektrode—Elektrometer wurde von einem Hartgummiisolator gestützt und von einem geerdeten Schutzrohr umgeben, in das eine Trockenvorrichtung eingebaut war; auch der Elektrometeranschluß war elektrostatisch geschützt. Geerdet wurde die Innenelektrode über einen, das Zuführungsstück angreifenden Erdungsschlüssel, an den auch die Potentiometer-Anordnung zur Bestimmung der Elektrometer-Empfindlichkeit angeschlossen werden konnte. Die Luftzufuhr erfolgte durch zwei isoliert auf die Außenelektrode gesetzte Rohre, die so durch das Dach des luftelektrischen Laboratoriums gingen, daß ihre oberen Ränder in gleicher Höhe mit dem über das ganze Haus gespannten, geerdeten Drahtnetz lagen. Als Ventilator diente ein außerhalb des Meßraumes stehendes Schmiedefeuergebläse, das über ein Rohrsystem die Luft durch beide Kondensatoren saugte. 2 eingebaute Fueß'sche Anemometer gestatteten für jeden Kondensator die Kontrolle der Durchsauggeschwindigkeit. Ihre Regulierung geschah mittels Schiebewiderstände, die auf ein zwischen beiden Apparaten stehendes Meßgestell montiert waren, und mittels zweier, in die Rohrleitung eingebauter Drosselklappen. Auf dem unteren Absatz des Meßgestells standen die Anodenbatterien, die als Spannungsquellen dienten.

Die Kapazitätsbestimmungen wurden dadurch erleichtert, daß sich die Innenelektrode abschrauben ließ. Diese Eichungen erfolgten mit einem Gerdien- und einem Wulf-Normalkondensator und ergaben folgende Werte:

	A	B
Gesamtsystem	30.2 cm	32.5 cm
ohne Innenelektrode	24.0 cm	25.7 cm
wirksame Kapazität	6.2 cm	6.8 cm

Für die Wahl der Elektrometer-Empfindlichkeit waren zwei Gesichtspunkte maßgebend: Bei zu geringer Empfindlichkeit wurde die Ablesung wegen des kleinen Elektrometerausschlages ungenau; bei zu hoher Empfindlichkeit be-

[1]) A. Becker, Zeitschr. f. Instrkd. 29, 259, 1909.

wegte sich der Faden so schnell durch das Gesichtsfeld, daß seine Stellung zum Ablesetermin nicht genau fixiert werden konnte. Im Mittel hoben sich beide Fehler bei einer Empfindlichkeit von 250—300 Skalenteilen/Volt auf, was mit einer Schneidenspannung von ± 40 Volt erreicht wurde. Zur Feinregulierung der Empfindlichkeit konnte an jede Schneide über ein Potentiometer zusätzliche Spannung gelegt werden. Diese Anordnung,[2]) die gleichzeitig die Empfindlichkeit steigerte, mußte besonders gut isoliert sein.

Durch Vergleich mit einem dritten Anemometer, das in die gemeinsame Zuleitung beider Kondensatoren eingebaut war, konnte festgestellt werden, daß in A und B gleiche Sauggeschwindigkeiten herrschten.

Die passende Durchsauggeschwindigkeit und die anzulegende Spannung wurden aus der Formel[3]) $k_g \geqq \frac{R^2 - r^2}{4 \cdot C_1} \cdot \frac{G}{V}$ berechnet, in der R und r die Radien der Außen- und Innenelektrode, C_1 die wirksame Kapazität, G die Geschwindigkeit im Kondensator und V die Spannung an der Außenelektrode bedeuten. Alle Ionen mit einer Beweglichkeit $k > k_g$ werden unter dieser Bedingung abgefangen. Die Forderung $k > k_g$ gilt für Ionenzählungen; für die Leitfähigkeitsmessung wird $k < k_g$ gefordert. Nach Einsetzen der Konstanten wird für A: $k_g = 2.61 \frac{G}{V}$, für B: $k_g = 2.23 \frac{G}{V}$. Mit einer Außenspannung von 19.9 Volt und einer Durchsauggeschwindigkeit im Kondensator von 61.6 cm/sec erhält man für A: $k_g = 8.26$ cm/sec : Volt/cm, für B: $k_g = 7.28$ cm/sec : Volt/cm.

II. Die Messung.

Die Messung der Leitfähigkeit ging folgendermaßen vor sich: Nach der Bestimmung der Elektrometer-Empfindlichkeit erfolgte die Isolationsprobe mit abgeschraubter Innenelektrode und geschlossenem, vorher gut ventiliertem Kondensator. Dann wurde die 1 m über dem Dach des Laboratoriums zur Bestimmung des Potentialgefälles angebrachte Polonium-Sonde entfernt, da sonst der Kollektor als Ionisierungsquelle wirkte, der Deckel des Kondensators abgenommen, der Aspirator in Tätigkeit gesetzt, die Durchsauggeschwindigkeit reguliert und Spannung an die Außenelektroden gelegt. Ehe beide Apparate meßbereit waren, vergingen meist 20—30 Minuten. Die eigentliche Messung wurde nach folgendem Schema durchgeführt: Zur Zeit 0 min 0 sec wurde die Erde der Innenelektrode vom Kondensator A aufgehoben, um 0 min 15 sec die von B, um 0 min 30 sec wurde A wieder geerdet, um 0 min 35 sec die Erdung aufgehoben; B wurde um 0 min 45 sec geerdet, um 0 min 50 sec wurde die Erdung aufgehoben usw. Zur Zeitbestimmung wurde nur eine Stoppuhr benutzt, um eventuelle Unregelmäßigkeiten ihres Ganges auf die Meßzeiten beider Kondensatoren zu verteilen. Die Erdungspause von 5 sec war nötig, weil das halbmechanische System der Elektrometer eine kurze Zeit zur Erreichung der Ruhelage brauchte.[4]) Die Durchsauggeschwindigkeit wurde nur alle 3 Minuten

---

[2]) Vergl. z. B. H. Israël, Zeitschr. f. Geophys. 5, 348, 1929.

[3]) Vergl. z. B. K. Kähler, Einführung in die atmosphärische Elektrizität, S. 51, Sammlung Bornträger, Berlin 1929; H. Israël, Luftelektrizität, Grundlagen und Meßmethoden im Meteorologischen Taschenbuch II (herausgeg. v. F. Linke), S. 130, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1933.

[4]) H. Israël, Zeitschr. f. Instrkd. 51, 464, 1931.

kontrolliert, da sie so hoch gewählt worden war, daß auch bei stärkster Böigkeit Ohmscher Strom gewährleistet war. Bei Jonenmessungen dagegen, die zur Einhaltung der gleichen Grenzbeweglichkeit Konstanz der Sauggeschwindigkeit erforderten, war eine ständige Kontrolle der Anemometer notwendig. Da jede Bö die Sauggeschwindigkeit verringerte, die folgende Luftruhe aber wieder ein größeres Luftvolumen in den Kondensator gelangen ließ, mußte zur Aufrechterhaltung der Grenzbeweglichkeit der Motorwiderstand dauernd variiert werden. Ferner wirkte die Böigkeit ungleichmäßig auf beide Kondensatoren, so daß bald bei A, bald bei B die Luftzufuhr noch besonders durch Verstellen der Drosselklappen geändert werden mußte. Eine Vereinfachung würde es bedeuten, wenn jeder Kondensator einen eigenen Aspirator erhielte.

Im allgemeinen wurden positive Leitfähigkeit und Zahl der positiven Jonen mit dem Kondensator A, negative Leitfähigkeit und Zahl der negativen Jonen mit dem Kondensator B gemessen. Bei Niederschlägen wurde nur mit A gemessen, dem dann ein Schutzrohr aufgesetzt wurde, welches das Eindringen der Niederschläge in den Kondensator verhinderte. Beide Leitfähigkeiten wurden hier also nacheinander bestimmt; je 5 Einzelmessungen des einen Vorzeichens folgten 5 des andern; dazwischen lag zur Polarisation der Isolatoren eine Pause von 2—3 Minuten. Ein einfacher Dreiloch-Stecker wurde zur Umschaltung der Spannungen an der Außenelektrode benutzt. Vergleichsmessungen ergaben, daß die ohne Schutzrohr gemessene Leitfähigkeit 1.14mal größer war als die mit Schutzrohr ermittelte. Dieser Faktor erwies sich stets als völlig konstant und galt für die positive und negative Leitfähigkeit. Sämtliche Niederschlagsmessungen wurden mit diesem Faktor reduziert.

Isolationsschwierigkeiten, die auf Feuchtwerden der Hartgummiringe der Kondensatoren und der Bernsteinstopfen der Elektrometer zurückzuführen waren, traten nur im Januar und Februar auf. Sie wurden durch mehrfaches sorgfältiges Abreiben der Isolatoren mit einem Lederlappen und kräftige elektrische Heizung des Meßraums behoben. In der Folgezeit — auch während des Sommers — wurde für häufige gründliche Lüftung und Heizung des Raumes Sorge getragen, da dort die relative Feuchtigkeit nach Aufzeichnungen eines Hygrographen selbst im Sommer 70 % betrug. Vor jeder Messung, vor allem nach Regen oder Nebel, wurde einige Minuten lang kräftig aspiriert, um die im Kondensator lagernde feuchte Luft zu entfernen. Als Trockenmittel bewährte sich konzentrierte Schwefelsäure.

Die Benutzung von Lindemann-Elektrometern erschwerte in gewissem Grade die Messungen. Der Faden ist für die kleinen Abstände der Teilstriche auf der Skala zu dick, so daß die Ablesegenauigkeit für die 100teilige Skala höchstens 0.2 Skalenteile beträgt. Nullpunktschwankungen machten sich häufig bemerkbar, besonders bei großen Ausschlägen des Fadens. Selbst die Erdungspause von 5 sec reichte dann nicht immer aus, um den Faden wieder in seine Ruhelage zurückkehren zu lassen. Die direkte Beleuchtung des Fadens mit einer 30 cm entfernten 20-Watt-Lampe bewirkte bei längerer Meßzeit neben Nullpunktschwankungen eine Zunahme der Empfindlichkeit durch Erwärmung des Systems. Abhilfe geschaffen wurde durch Aufstellung eines Schirms aus Seidenpapier zwischen Lampe und Elektrometer. Da auch sonst, ohne erkennbaren Grund, Änderungen der Empfindlichkeit auftraten, wurden so häufig wie möglich während der Meßzeit Bestimmungen der Empfindlichkeit vorgenommen.

Heftiges Auf- und Abtanzen des Fadens war meist ein Anzeichen eingedrungener Fremdkörper. Spinnen ließen sich im Kondensator nur selten nieder,

dagegen gelangten im Herbst ziehende Spinnfäden, Samen des Weideröschens (epilobium) und des Löwenzahns, der im September 1934 zum zweitenmal blühte, häufiger als erwartet in einen der beiden Kondensatoren. Später traten die vom Wind umhergewirbelten trockenen Eichenblätter an ihre Stelle; auch ohne in den Kondensator zu gelangen, ließen sie den Elektrometerfaden schwanken, der ruckartig bis zu 50 Skalenteile absank, um dann nach oben aus dem Gesichtsfeld zu verschwinden, in das er erst nach dem Erden zurückkam. In gleicher Weise reagierte das Elektrometer darauf, wenn Vögel den Rand eines Luftzuführungsrohres als Rastplatz benutzten.

Gelegentlich verlangsamte sich die Aufladebewegung, die bei der Messung der positiven Leitfähigkeit stets nach oben, bei der Messung der negativen nach unten gerichtet war, um plötzlich beschleunigt zu werden. Bisweilen blieb der Faden stehen, bewegte sich in der entgegengesetzten Richtung weiter, um dann mit vermehrter Schnelligkeit der normalen Aufladerichtung zu folgen, so daß der Gesamtausschlag meist nicht wesentlich von dem der vorangegangenen Messung verschieden war. Die wechselnde Schnelligkeit der Aufladebewegung läßt sich vielleicht aus der Jonenböigkeit erklären; sie wurde nur an stark bewölkten Tagen und bei Regen bemerkt. Dagegen konnten als Ursache für das kurzandauernde Zurücksinken des Fadens kleine Staubteilchen erkannt werden, die sich nach der Messung im Kondensator vorfanden, obwohl er vorher gründlich gereinigt worden war. Die größeren dieser Teilchen riefen beim Durchfliegen des Kondensators Feldstörungen hervor, die das Elektrometer in der beschriebenen Weise anzeigte. Diese Erscheinung konnte bei jeder Wetterlage festgestellt werden, bei der stärkerer Wind feine Sand- und Staubteilchen aus der Umgebung heranbrachte, während W e g e r [5]) sie nur bei Sonnenschein fand.

III. Kontrollversuche.

Theoretisch müßten Leitfähigkeitsmessungen bereits bei einer Grenzbeweglichkeit (G-B) von 1.8 möglich sein, da an niederschlagsfreien Tagen eine größere Jonenbeweglichkeit als 1.7 nicht beobachtet wurde. Jedoch fiel bei zu geringer G-B die Leitfähigkeit zu klein aus. W i g a n d [6]) wies für den Gerdienapparat eine bestimmte untere Grenze der Sauggeschwindigkeit nach, S w a n n [7]) fand rechnerisch, daß die Verteilung der Geschwindigkeit über den Kondensatorquerschnitt keinen Einfluß auf die Leitfähigkeit habe.

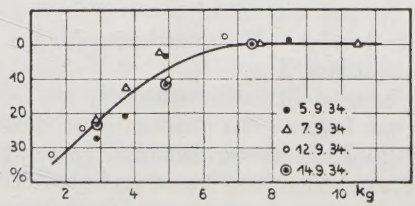

Abb. 1.

Leitfähigkeit und Grenzbeweglichkeit.

[5]) N. Weger, Gerl. Beitr. z. Geophys. 42, 334, 1934.

[6]) A. Wigand, Ann. d. Phys. 66, 81, 1921.

[7]) W. G. F. Swann, Terr. Magn. 19, 209, 1914.

Um festzustellen, unter welchen Versuchsbedingungen die richtige Leitfähigkeit gemessen wird, unternahm ich mehrere Parallelmessungen unter variierten Bedingungen. Kondensator A arbeitete als Vergleichsapparat ständig mit einer G-B von 8.26 cm/sec : Volt/cm. Am Kondensator B wurden die Bedingungen so verändert, daß nacheinander mit der G-B 2, 3, 4, . . . 10, 11 gemessen wurde. Zur Elimination der meteorologischen Einflüsse reduzierte ich die mit dem Versuchskondensator B erhaltene Meßreihe b auf die mit A erhaltene Meßreihe a. Die Abweichungen der reduzierten Reihe von der Reihe a wurden in Prozenten von a angegeben und als Ordinaten in Abbildung 1 aufgetragen; als Abszissen wurden die Grenzbeweglichkeiten verwendet. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse von 5 Meßreihen zusammengestellt. Jeder Punkt ist das Mittel aus 15 Messungen. Aus der Verteilung der Punkte geht hervor, daß erst von der G-B 7 ab Leitfähigkeitsmessungen gemacht werden dürfen, da solche mit geringerer G-B um so stärker gefälscht sind, je kleiner die G-B ist. Dabei war es gleich, ob die G-B durch Änderung der Spannung oder der Sauggeschwindigkeit erreicht wurde.

Das Ergebnis ist auf das von Scholz an beiden Apparaten festgestellte „Gegenfeld" zurückzuführen, das proportional dem Kraftfeld im Kondensator ist. Das Gegenfeld sucht die Jonen am Eintritt in den Kondensator zu hindern. Bei vergrößerter Durchsauggeschwindigkeit wird ein Teil der den Kraftlinien des Gegenfeldes folgenden Jonen von dem stärkeren Luftstrom in den Meßzylinder geführt. Von einer bestimmten Durchsauggeschwindigkeit ab werden alle Träger trotz des Gegenfeldes in den Kondensator gelangen. Die Größe der zur Überwindung des Gegenfeldes notwendigen Sauggeschwindigkeit richtet sich nach der Höhe der angelegten Spannung.

Eine Änderung der Zahl der leichten Jonen durch Turbulenz, wie sie Israël[8]) und G. Schultz[9]) an ihren Kondensatoren fanden, konnte bis zu der Durchsauggeschwindigkeit 1 m/sec nicht festgestellt werden. Eine höhere Geschwindigkeit war in den großen Querschnitten der Kondensatoren mit nur einem Motor nicht zu erreichen.

Bei den von Scholz vorgenommenen Parallelmessungen unter gleichen Bedingungen hatten beide Kondensatoren stark voneinander abweichende Werte gegeben; ihr Verhältnis wechselte je nach der Windrichtung. Diese Erscheinung konnte auf radioaktive Zerfallsprodukte einer zur Messung des Potentialgefälles benutzten Radiothor-Sonde zurückgeführt werden, die sich auf dem geerdeten Drahtnetz festgesetzt hatten und als Jonisatoren wirkten. Obwohl jetzt an Stelle der Radiothor-Sonde eine Polonium-Sonde, die von Radiumspuren frei ist, verwendet wurde, mußte nachgewiesen werden, daß in der Umgebung der Einsaugöffnungen der Kondensatoren keine künstlichen Jonisatoren mehr wirksam waren.

Ich maß bei abgenommenem Kollektor mit beiden Apparaten die positive Leitfähigkeit und bildete das Verhältnis λ_A/λ_B. Schon die ersten Versuche zeigten, daß der Quotient nahe bei 1 lag. Diese Versuche wurden das ganze Meßjahr hindurch fortgesetzt; das Ergebnis ist in der nachfolgenden Aufstellung enthalten, in der z die Anzahl der verwerteten 10-Minuten-Messungen bedeutet.

---

[8]) H. Israël, Gerl. Beitr. z. Geophys. 31, 211, 1931.

[9]) G. Schultz, Messungen der leichten Jonen in Potsdam, Berliner Dissertation 1935.

Wind	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
λ_A/λ_B	1.02	1.00	0.99	1.01	1.01	1.00	0.99	1.00
z	1	1	15	13	13	16	24	10

Im Mittel lieferten beide Kondensatoren unabhängig von den Windrichtungen völlig gleiche Werte. Die Einzelmessungen gaben im Höchstfall Abweichungen von ± 8%, die sich ausreichend aus der ungleichmäßigen Ionenverteilung erklären ließen. Künstliche Ionisatoren, welche die Messungen hätten fälschen können, waren also nicht vorhanden.

B. Meßergebnisse.

I. Allgemeines.

Die zur Verarbeitung gelangten Messungen verteilten sich über das ganze Jahr 1934. Einige Kontrollmessungen unter bestimmten meteorologischen Bedingungen, die zur Prüfung der gefundenen Ergebnisse dienten, zogen sich bis zum Sommer 1935 hin. Gemessen wurde in der Regel mehrere Stunden lang und zwar zu allen Tageszeiten. Alle Zeitangaben verstehen sich als Potsdamer Ortszeit, die gegen die MEZ um 8 Minuten zurückbleibt. Eine Einzelmessung an jedem der beiden Kondensatoren dauerte ½ Minute. Um die Leitfähigkeitsmessungen mit den Angaben der meteorologischen Registrierungen besser vergleichen zu können, wurden 5 aufeinanderfolgende Einzelmessungen zu einer „Messung" zusammengefaßt, die unter Berücksichtigung der 4 Erdungspausen 170 Sekunden dauerte.

Die Messungen jedes Tages wurden nach Stundenintervallen zusammengefaßt und gemittelt. Die so erhaltenen täglichen Stundenmittel sollen im folgenden kurz „Stundenwerte" genannt werden. Wurden z. B. an einem Tage zwischen 10 und 11 Uhr 10 Messungen vorgenommen, so ergab ihr Mittel den Stundenwert dieses Tages für 10—11 Uhr. Die Tagesmittel wurden jedoch durch Mittelung aller über den Tag verstreuten Messungen gebildet; Monatsmittel wurden aus den Tagesmitteln errechnet.

An Leitfähigkeitsbeobachtungen standen aus 142 Meßtagen für jeden Kondensator 3609 Messungen zur Verfügung, die sich auf die einzelnen Monate wie folgt verteilten:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
207	104	393	258	365	242
Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
356	172	533	540	282	213

Von den 3609 Messungen fielen 3401 in die Zeit von 9—21 Uhr; die daraus gebildeten 496 Stundenwerte verteilten sich folgendermaßen auf die einzelnen Stundenintervalle:

9—10	10—11	11—12	12—13	13—14	14—15
8	41	58	57	56	61
15—16	16—17	17—18	18—19	19—20	20—21
75	68	41	19	8	4

Aus dieser Aufstellung geht hervor, daß am häufigsten, nämlich an 75 Tagen, zwischen 15 und 16 Uhr, am wenigsten zwischen 20—21 Uhr, nämlich an 4 Tagen, gemessen wurde.

Die Berechnung der Messungen erfolgte nach der Formel

$$\lambda = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt}$$

oder $\lambda = \text{const} \cdot \frac{dV}{dt}$ für ein bestimmtes V.

Es bedeuten: C_1 die wirksame, C_2 die Gesamtkapazität des Systems, V die Spannung an der Außenelektrode. Bei der Umrechnung der Messungen in elektrostatische Einheiten ergab sich als konstanter Faktor bei einer Außenspannung von 19.9 Volt für den Kondensator A: $6.56 \cdot 10^{-7}$ und für den Kondensator B: $6.37 \cdot 10^{-7}$. Die Gesamtleitfähigkeit errechnete sich aus der Addition der polaren Leitfähigkeiten λ_+ und λ_-. Das Verhältnis beider wurde mit q_λ bezeichnet. In den Tabellen ist zur Abkürzung gesetzt: $\lambda'_\pm = \lambda_\pm \cdot 10^5$ E. S. E./sec.

Die ständige gleichzeitige Registrierung des Potentialgefälles (PG) am Turm des Potsdamer Meteorologischen Observatoriums ermöglichte die Berechnung des vertikalen Leitungsstroms. Die Auswertung der Kurven des Potentialgefälles — die mir, wie eine Reihe anderer Registrierungen in freundlicher Weise vom Meteorologischen Observatorium Potsdam zur Verfügung gestellt wurden — erfolgte durch Bildung des Integralwertes über ein 10-Minuten-Intervall. Die Multiplikation dieses Mittelwertes mit dem synchronen Wert der totalen Leitfähigkeit ergab den Strommwert. Bei der Berechnung des Gefällewertes wurde der von Grieger[1]) experimentell bestimmte Reduktionsfaktor berücksichtigt, so daß die Angaben für Potentialgefälle und Strom absolute Werte darstellen. Strommwerte wurden nur bei positivem Potentialgefälle berechnet. Trotz großer Sorgfalt in der Bestimmung des Potentialgefälles sind die errechneten Strommwerte den experimentell gefundenen nicht gleichzusetzen.

Bei der Ordnung der Ergebnisse luftelektrischer Messungen nach meteorologischen Gesichtspunkten ist eine Trennung der „ungestörten" von den „gestörten" Tagen üblich. Es wurden 6 Witterungstypen unterschieden: 1. wolkenlose Tage, 2. Tage mit Ci- oder geringer Acu-Bewölkung, 3. Tage mit Cu- oder stärkerer Acu-Bewölkung, 4. nicht ganz mit Stcu oder St bedeckter Himmel, 5. Tage mit geschlossener Wolkendecke und 6. Tage mit starkem Dunst oder Nebel, sowie Niederschlags- oder Gewittertage. Die Ergebnisse der Tage mit Witterungs-Charakter 1 bis 3, der sogenannten ungestörten Tage, wurden zusammengefaßt und gemeinsam untersucht auf Einwirkungen der Luftkörper, der Sichtweite, des Windes usw. Die Verhältnisse an gestörten Tagen wurden an Einzelbeispielen aufgezeigt.

II. Absolute Werte.

a) Mittel- und Extremwerte.

Das gesamte Meßmaterial ist in Tabelle 1 niedergelegt. Sie enthält außer den täglichen Stundenwerten für λ_+, λ_- und q_λ Angaben über den Witterungscharakter und den Luftkörper während der Messung.

Als Mittelwerte aller — mit Ausnahme der Niederschlags- und Gewittermessungen — ergaben sich für die positive Leitfähigkeit $4.62 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec, für die negative $3.32 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec und für $q_\lambda = 1.41$. Die Auswertung der Registrierungen ergab ein Potentialgefälle von 279 Volt/m; der Strom errechnete sich zu $2.23 \cdot 10^{-16}$ Amp/cm². An ungestörten Tagen gaben λ_+ und λ_- mit $4.93 \cdot 10^{-5}$ und $3.45 \cdot 10^{-5}$ höhere Werte; q_λ wuchs auf 1.46, da die Tage mit Stcu- und St-Bewölkung, die q_λ herabsetzten, fehlten. Das Potentialgefälle war unverändert, der Strom errechnete sich zu $2.50 \cdot 10^{-16}$ Amp/cm².

---

[1]) H. Grieger, Absolute Messungen des vertikalen Leitungsstromes in Potsdam. Berliner Diss. 1934.

Tabelle 1

Streng gleichzeitige Messungen der positiven und negativen atmosphärischen Leitfähigkeit in Potsdam 1934.

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ		Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
					Januar					
20.		PM		2		27. (Forts.)				
11—12	10	4.52	3.10	1.45		11—12	6	3.54	2.20	1.61
12—13	10	4.26	2.94	1.45		12—13	9	3.41	2.07	1.65
16—17	8	4.58	2.90	1.57		13—14	6	3.34	2.06	1.63
17—18	12	4.41	2.80	1.58		22—23	6	2.98	1.76	1.70
18—19	6	3.95	2.53	1.56		23—24	6	3.73	2.53	1.48
19—20	6	4.20	2.64	1.55		28.		PM		5
22.		C		1		0—1	11	3.70	2.61	1.42
17—18	5	4.36	2.86	1.52		1—2	7	3.35	1.97	1.70
18—19	5	4.02	2.56	1.57		2—3	7	3.30	1 87	1.75
24.		C		6		3—4	5	3.27	2 03	1.61
11—12	12	1.11	0.77	1.46		4—5	13	2.67	1.78	1.50
12—13	10	1.02	0 68	1.50		5—6	12	2.57	1.70	1.51
13—14	12	1.29	0.90	1.43		31.		P		5
27.		PM		5		17—18	4	4.21	2.70	1.56
10—11	6	3.49	2.16	1.62		18—19	10	4.10	2.62	1.56
					Februar					
14.		X		1						
15—16	6	3.65	2.50	1.46		12—13	11	4 19	2.38	1.76
16—17	12	4 66	3.14	1.49		13—14	7	4.17	2.40	1.74
17—18	6	4.61	3.20	1.44		18—19	14	3.06	1.69	1.81
21.		PM		5		19—20	6	2.66	1.52	1.75
10—11	6	3 49	2.61	1.34		26.		PM		5
11—12	12	3.40	2.88	1.18		11—12	10	4.22	3.20	1 32
12—13	6	3.84	3.08	1 25		12—13	8	4.80	3.86	1 24
24.		X		5, ab 18 h : 6		13—14	2	4.43	3.41	1.30
11—12	6	3.83	2.23	1.72		14—15	6	4.38	2.88	1.53
						15—16	12	5.19	3.22	1.61
					März					
1.		I		5		10.		I		2
14—15	3	2.62	2.29	1.15		10—11	12	4.77	2.40	1.98
15—16	2	2.75	2.46	1.12		11—12	10	8.59	5.76	1.75
2.		I		6		12—13	8	6 81	4.77	1.43
11—12	2	2.14	2.44	0.88		14—15	12	5.87	3.84	1.53
12—13	10	3.19	2 70	1.18		15—16	11	6.11	3.91	1.66
13—14	10	3.03	2.89	1.05		12.		I		3
14—15	8	3.63	2.76	1.32		10—11		4.46	2.61	1.71
16—17	15	4.46	3.10	1.44		13.		M		3
17—18	9	4.66	3.58	1.30		9—10	2	7.56	4.17	1.81
5.		X		3		10—11	10	7.07	3.95	1.79
10—11	8	3.40	2.06	1.65		14.		M		4
11—12	10	3.78	2.20	1.72		14—15	4	4.06	3.50	1 16
12—13	12	4.51	2.54	1.78		15—16	8	10.67	6.87	1.55
13—14	4	5.23	2.84	1.78		16—17	15	8.87	6.60	1.34
6.		PM		5		17—18	12	7.06	4.24	1.69
12—13	11	3.87	2.75	1.41		16.		M		2
13—14	7	4.52	3.22	1.41		13—14	7	4.10	2.69	1.52
7		PM		3		14—15	5	3.88	2.59	1.50
9—10	2	5.76	4.52	1.28		21.		X		5
10—11	12	6.06	4.49	1.35		13—14	8	4.54	2.81	1.62
12—13	6	5.12	3 80	1.35		14—15	16	5.90	3.39	1.74
15—16	5	5.28	4.00	1.32		15—16	10	4.81	3.09	1.56
16—17	14	5.56	4.15	1.34		24.		I		3
17—18	3	6.02	3.77	1.60		14—15	7	5.94	4.14	1.43
						15—16	3	5.58	3.86	1.43

März (Forts.)

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
27.		C 3		
13–14	3	8.91	5.77	1.55
14–15	8	7.06	4.86	1.47
15–16	13	6.53	4 48	1.46
16–17	4	5.66	3.88	1.46
29.		C 5		
13–14	2	3 58	3.02	1.13
14–15	15	3.15	2.78	1.13
15–16	12	3 83	3.36	1.14
16–17	2	4 17	3.72	1.12
31.		C 6		
13–14	4	3.11	2.26	1.38
14–15	14	3.04	2.18	1.40

April

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
4.		C 1		
14–15	14	4.74	3.79	1.25
15–16	4	5.73	4 37	1.31
16–17	12	6 27	5.04	1.25
5.		C 4		
14–15	6	3 85	2.90	1.33
15–16	8	3.86	2.95	1.31
6		C 1, ab $11^1/_2$: 2		
10–11	11	6.55	4.71	1.31
11–12	13	6.37	4.46	1.43
12–13	16	6.81	4.38	1.55
13–14	14	6.48	4.31	1.50
7.		C 1		
15–16	5	7.15	4.90	1.46
12.		P 2		
15–16	10	4.69	3.18	1.41
16–17	10	4.30	2.97	1.45
17–18	4	4.30	2.84	1.52
16.		T 2		
14–15	11	4.16	2.70	1.43
15–16	14	3.98	2.66	1.50
16–17	10	4.89	3 25	1.50
17–18	5	5.93	3.17	1.87
17.		T 6		
10–11	13	2 14	1.76	1.18
11–12	10	2.40	2.19	1.10
18.		M 2, ab 16 h : 3		
15–16	10	6.68	4.11	1.61
16–17	13	6.74	4.14	1.63
17–18	6	6 36	3.99	1.60
19.		M 2		
10–11	3	5.16	4.35	1.19
11–12	12	4.86	4.09	1.19
12–13	12	4.71	3.82	1.23

Mai

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
2.		C 3		
14–15	7	4.38	3.46	1.27
15–16	16	5.24	3.64	1.44
16–17	12	4.71	3.50	1.35
17–18	6	6.68	4.41	1.52
3.		TC 1, ab 14h : 6		
10–11	6	6.50	4.24	1.53
11–12	18	6.12	4.51	1.36
12–13	16	4.88	3.81	1 28
14–15	5	2.79	4.56	0.61
15–16	6	4.41	7.46	0.59
17–18	10	14.81	16.41	0.91
18–19	17	9.88	9.42	1.05
19–20	2	6.61	5.56	1 19
4.		X 2		
10–11	8	5.35	5.05	1.06
11–12	15	4.04	4.02	1.00
12–13	12	4.56	4.48	1.02
7.		M 6, ab 16″ : 4		
14–15	5	2.87	5 66	0,51
15–16	17	5.40	4.77	1.13
16–17	9	6 24	5.66	1.10
11.		I 6		
10–11	3	3.30	2.82	1.17
11–12	13	2.89	2.47	1.17
12–13	5	2.79	2.28	1.22
13–14	5	3.00	2.49	1.21
12.		C 1		
13–14	7	7.79	5.24	1.49
14–15	10	7.15	4.84	1.48
15–16	2	6.95	4 76	1.46
14.		PM 2		
10–11	3	4.79	4.14	1.15
12–13	8	4.64	4 00	1.16
13–14	3	4.15	3.97	1.05
16.		I 1		
13–14	4	3.26	2.70	1.21
14–15	16	3.65	3.00	1.24
15–16	17	4.14	3.37	1.23
16–17	3	4.81	3.77	1.28
18.		I 2		
11–12	6	3.49	2.58	1.35
12–13	8	3.50	2.64	1.33
13–14	3	3.62	2.65	1.36
25.		PM 2		
10–11	16	5.41	4.30	1.26
11–12	6	5.22	4.04	1.29
30		I 1		
15–16	3	6.03	4.10	1.47
16–17	14	4.99	3.38	1.48
17–18	8	5.32	3.09	1.69
31.		PM 1		
10–11	13	5.89	4.38	1.35
11–12	19	6.02	4.46	1.35
12–13	6	5.85	4.47	1.31
13–14	4	5.68	4.41	1.29

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
Juni				
1.		C	1	
10–11	7	5.37	3.50	1.54
11–12	11	4.80	3.26	1.47
12–13	6	4.52	3.34	1.36
13–14	6	4.59	3.20	1.43
2.		C	2	
13–14	3	5.83	3.94	1.48
14–15	16	5.96	4.02	1.48
15–16	14	6.24	4.30	1.45
6.		X	2	
13–14	4	4.44	3.27	1.36
7.		I	2	
10–11	11	3.49	2.29	1.52
11–12	18	2.88	2.22	1.30
12–13	7	2.78	2.15	1.29
8.		M	3	
10–11	13	6.73	5.43	1.24
11–12	17	6.80	5.18	1.31
12–13	5	6.90	5.44	1.27
16.		I	1	
14–15	7	4.06	3.01	1.35
15–16	7	3.76	2.96	1.27
16–17	7	3.89	3.08	1.26
20.		PM	2, ab 16h : 4	
13–14	7	6.15	4.91	1.25
14–15	6	6.82	5.61	1.21
15–16	18	6.67	5.39	1.24
16–17	7	6.42	5.01	1.27
23.		PM	2	
14–15	10	6.09	4.93	1.24
15–16	18	6.21	4.60	1.35
16–17	8	6.41	4.57	1.40
17–18	4	6.67	4.62	1.45
29.		C	3	
10–11	10	4.11	2.87	1.44
Juli				
2.		PM	2	
16–17	12	5.98	4.06	1.48
17–18	18	5.54	3.63	1.53
18–19	3	5.60	3.60	1.56
4.		P	2	
14–15	8	8.54	6.26	1.36
15–16	8	8.09	6.74	1.30
16–17	10	8.16	6.28	1.30
17–18	8	7.83	6.11	1.28
14.		I	2	
13–14	9	6.23	4.32	1.44
14–15	6	5.50	4.16	1.32
15–16	12	4.00	3.01	1.33
16–17	9	5.90	4.36	1.35
17–18	13	6.18	4.16	1.49
18.		C	2	
11–12	10	6.08	3.96	1.54
12–13	13	6.29	4.50	1.40
13–14	5	6.92	4.26	1.55
15–16	8	5.00	3.27	1.53
16–17	6	5.08	3.53	1.44
17–18	5	6.84	4.75	1.44
20.		M	1	
11–12	5	5.76	3.88	1.49
12–13	9	6.12	3.98	1.54
13–14	6	6.18	4.01	1.54
August				
1.		M	5	
11–12	8	4.35	3.37	1.29
12–13	4	4.15	3.45	1.20
14–15	8	10.34	6.50	1.59
15–16	8	8.39	5.84	1.44
2.		M	2	
15–16	9	5.53	3.43	1.61
16–17	5	6.21	3.88	1.60
17–18	6	6.06	3.82	1.59
7.		I	2	
13–14	10	5.88	3.98	1.47
14–15	6	4.44	3.27	1.36
15–16	7	4.88	3.71	1.32
9.		C	2, ab 16h : 3	
14–15	10	5.59	4.46	1.25
15–16	6	4.89	3.76	1.30
16–17	6	5.66	4.30	1.32
17–18	5	7.03	5.18	1.36
11.		M	3	
16–17	2	5.29	3.28	1.61
17–18	9	4.99	3.37	1.48
18–19	6	5.74	3.66	1.57
13.		PM	4	
11–12	4	4.58	3.36	1.36
12–13	8	4.74	3.28	1.44
13–14	6	4.34	3.35	1.30
14		M	5, ab 15h : 6	
14–15	5	5.64	3.37	1.67
15–16	14	4.14	3.57	1.16
16–17	8	3.77	4.31	0.88

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
September				
7.		I	2	
16–17	6	6.82	4.54	1.50
8.		TC	3	
14–15	6	3 38	3.31	1.02
15–16	6	3.68	3.02	1.22
16–17	6	3.90	3.17	1.23
17–18	6	4.73	3.08	1.53
12.		TC	1	
11–12	3	6.79	6.12	1.11
12–13	14	6.72	6.13	1.10
16–17	4	8.19	7.09	1 16
17–18	5	10.98	7.65	1.44
13.		TC	2	
15–16	10	4 45	4.14	1.07
16–17	5	5.10	3.60	1.31
17–18	8	7.27	4.00	1.74
18–19	6	7.47	3.97	1.88
14.		C	1	
9–10	6	4.04	3.65	1.11
10–11	6	4.19	3.65	1.15
11–12	3	6 01	5.90	1.02
12–13	6	6.72	6.10	1.10
16–17	8	6.67	5.71	1.17
17–18	3	5.66	4.78	1.18
15.		C	1	
9–10	6	3.57	3.57	1.00
10–11	9	3.66	3.41	1.06
11–12	6	3.79	3.76	1.01
12–13	9	3.39	3.23	1.05
13–14	6	5 04	4.36	1.16
14–15	5	7.05	5.73	1.23
15–16	6	6.08	5.24	1.16
16–17	6	6.17	5.25	1.18
17–18	3	6.35	5.26	1.21
17.		X	2	
10–11	2	5 56	5.04	1.10
11–12	7	5.52	4.73	1.17
12–13	6	5 53	4.70	1.18
13–14	7	5.66	4.71	1.20
14–15	7	5.64	4.78	1.18
15–16	9	5.85	4.70	1.24
16–17	6	5.85	4.75	1.23
17–18	6	6.04	5.30	1.14
18–19	6	5.22	4.57	1.14
19–20	6	5.86	5.07	1.14
20–21	6	6.12	4.73	1.29
17.		T	1	
21–22	6	6.14	4.93	1.28
22–23	6	5.88	5 00	1.18
23–24	7	5.11	3.86	1.32
18.		T	1	
0–1	6	4.63	3.71	1.25
1–2	6	4 12	3.38	1.24
2–3	5	4.71	4.13	1.14
3–4	6	4.81	4.14	1.16
4–5	6	4.70	3.34	1.40
5–6	6	4.25	3.20	1.33
6–7	6	4.03	2.90	1.39
7–8	5	4.24	3.06	1.39
8–9	6	4.31	3.22	1.34
9–10	3	3.35	2.77	1.21
19.		T	1	
16–17	5	5.71	4.59	1.23
17–18	5	5.87	4.48	1.26
20.		M	5	
10–11	6	6 53	6.22	1.05
11–12	6	4.60	4.09	1.13
12–13	3	3.60	3.03	1.19
22.		PM	1	
17–18	3	4.51	4.09	1.10
18–19	3	4.13	3.48	1.19
24.		M	3	
10–11	6	4.13	3.23	1.26
11–12	6	3.94	2 94	1.34
12–13	8	3.64	2.97	1.28
13–14	12	3.63	3.00	1.21
14–15	9	3 75	3.08	1.22
16–17	3	3.20	2 81	1.14
25.		PM 3, 12–13h:6		
10–11	5	5.16	5.12	1.01
11–12	4	4.84	4.87	1.00
12–13	3	4.48	5.38	0.84
15–16	9	5.51	4.48	1.23
16–17	6	4.85	4.27	1.16
17–18	3	5.90	5.33	1.11
27.		M	5	
9–10	3	3.97	2.89	1.37
10–11	8	4 28	3.06	1.40
11–12	10	3.97	3.36	1.25
12–13	6	4 53	3.60	1.26
14–15	6	5.55	4 43	1.25
15–16	5	5.67	4 44	1.28
16–17	6	6.14	3.76	1.63
17–18	6	4.04	2.36	1.71
28.		C 1, 10–12h:6		
10–11	3	2.65	1.92	1 39
11–12	6	3 28	2.58	1.27
12–13	6	3.86	3.20	1.21
14–15	3	4.44	3.40	1.31
15–16	6	4.47	3.51	1.28
16–17	6	5.51	3.70	1.49
29.		TC	1	
13–14	3	6.42	4.83	1.33
14–15	3	5.98	4.63	1.29
15–16	5	6.43	4.65	1.38
16–17	6	5.53	3.83	1.44
17–18	3	6.10	4 39	1.39
Oktober				
1.		M	4	
16–17	3	4.21	2.98	1.41
17–18	5	3.70	1.91	1.87
18–19	6	2.06	1.70	1.53
2.		M	2	
10–11	3	4.37	2.74	1.57
11–12	9	4.32	2.73	1.58
12–13	6	4 40	3.12	1.41
13–14	3	3.85	2.80	1.37

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
			Oktober (Forts.)						
3.		M	4		17.		P	6	
14–15	6	3.57	2.56	1 40	11–12	10	4.81	7.20	0.67
15–16	6	3.68	2.70	1.36	18.		PM	5	
16–17	6	3.35	2.71	1.24	15–16	9	5.13	3.59	1.37
4.		M	4		16–17	3	5.76	4.64	1.24
13–14	2	2.67	2.48	1.12	19.		TM 6,10–11h u. 15–16h:5		
14–15	6	2.95	2.62	1.13	10–11	10	4.11	2.97	1.35
15–16	2	2.84	2.71	1.04	11–12	8	3.90	3.93	0.99
4.		PM	6		12–13	8	3.65	3 35	1.09
16–17	6	7.80	7.59	1.06	15–16	3	4.91	3 10	1.58
6.		M 4, 15–16h:6			16–17	4	1.52	7.88	0.19
12–13	10	4.95	3.78	1 31	17–18	5	6.82	10.85	0.63
13–14	4	4.72	3.60	1.31	22.		TM	1	
14–15	4	4.13	3.22	1.29	11–12	8	5.77	4.18	1.35
15–16	12	2 96	2.90	1.02	12–13	5	5.00	4.07	1.23
16–17	7	3.76	2.43	1.55	16–17	6	5.35	3.43	1.54
8.		C	1		17–18	6	5.53	3.76	1.47
13–14	6	3.58	2.82	1.27	18–19	3	5.71	3.90	1.46
14–15	11	3.72	2.91	1.30	23.		M	3	
15–16	6	3 53	2.77	1.27	10–11	9	4.00	2.89	1.38
16–17	2	3.96	2.93	1.35	11–12	9	3.03	2.40	1.26
9.		I	5		12–13	6	2.85	2.10	1.36
16–17	3	5.17	4.76	1.08	23.		M	6	
17–18	3	6.13	5.80	1.06	13–14	5	2.82	1.96	1.44
18–19	10	5.75	5.43	1.05	14–15	6	2.38	1.62	1.48
19–20	3	6.47	4.09	1.58	15–16	4	2.24	1.49	1.50
10.		PM	5		16–17	3	2.12	1.55	1.37
10–11	3	7.13	6.09	1,17	25.		TM	3	
11–12	10	8.01	6.95	1.18	17–18	9	3.67	2.35	1.56
12–13	6	6.31	5 61	1 20	18–19	6	3.88	2.15	1.80
13–14	3	8.08	6.17	1.31	19–20	6	4.22	2.50	1.69
11.		I	3		20–21	6	4.31	2.66	1 62
14–15	12	4.11	3.94	1.06	21–22	6	3.92	2.50	1.57
15–16	3	4.47	4.45	1.00	22–23	6	3 83	2.34	1.64
12.		TM 5, 10–12h:6			23–24	6	3.52	2.26	1.56
10–11	4	3.32	2.54	1.31	26.		TM	1	
11–12	4	3.23	2.38	1.36	0–1	6	3.26	2.17	1.50
12–13	7	3.12	2.91	1.07	1–2	6	3.51	2.34	1.50
14–15	4	3.11	3.54	0.94	2–3	6	3 94	2.71	1.45
13.		PM	4		3–4	6	4.07	3.04	1.34
10–11	10	3.98	3.61	1.10	4–5	6	4.21	2 98	1.41
11–12	5	3.78	3.45	1.08	5–6	6	4.42	3.18	1.39
13–14	7	3.50	3.13	1.12	6–7	3	4.26	3.13	1.36
15.		P	5		7–8	5	4.56	3.19	1.43
9–10	2	5 52	4.70	1.18	8–9	3	4.85	3.39	1.43
10–11	7	6.32	4 81	1 23	27.		M	2	
11–12	3	6.38	5.88	1.09	13–14	4	4 32	2 76	1.61
16.		P 3, 14–15h·6			14–15	3	3.29	2.23	1.48
10–11	6	5.34	4.56	1.17	15–16	3	3.15	2.19	1.44
11–12	3	5.36	4.48	1.20	30.		PM	2	
13–14	5	5.71	4.43	1.20	14–15	5	4.51	3.24	1.40
14–15	9	4.59	6.17	0.74	15–16	6	4.59	2.66	1.73
15–16	6	5.82	4.77	1.22	31.		TM	6	
16–17	6	4.83	3.53	1.37	17–18	9	5.88	11.97	0.49
17–18	6	5 67	3.08	1.84	18–19	5	11.32	16.63	0.68
18–19	3	6.72	4.09	1.64					
			November						
1.		PM	2		3.		PM	2	
10–11	4	4.48	2.34	1.92	13–14	3	4.25	2.62	1.62
11–12	6	4.82	3.17	1.53	14–15	5	4 13	2.74	1.59

November (Forts.)

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
5.		X	1	
16–17	9	5.11	3.03	1.62
17–18	3	5.30	3.55	1.49
6.		T	2	
13–14	5	3.34	2.58	1.29
14–15	5	4.50	2.63	1.71
15–16	3	4.16	2.84	1.46
16–17	6	4.90	2.62	1.83
17–18	5	5.00	3.00	1.67
7.		M	5, ab 15h:6	
13–14	3	5.89	5.92	0.99
14–15	6	5.53	5.34	1.07
15–16	3	6.82	6.25	1.09
8.		X	5	
13–14	5	4.93	2.71	2.06
14–15	3	2.75	2.15	1.28
10.		C	3	
12–13	7	3.63	2.74	1.32
13–14	3	4.04	2.40	1.69
16–17	6	2.50	1.89	1.32
14.		C	6	
10–11	3	1.33	1.00	1.33
11–12	3	1.40	1.07	1.30
12–13	6	1.78	1.34	1.33
13–14	3	1.63	1.37	1.19
14–15	2	2.26	1.65	1.37
15–16	5	2.77	1.63	1.70
16–17	5	2.46	1.64	1.52
17–18	3	2.78	1.81	1.54
15.		X	6	
11–12	3	1.18	0.87	1.36
12–13	2	1.16	0.89	1.30
13–14	3	0.99	0.91	1.09
16.		TM	5	
11–12	8	2.59	2.11	1.23
15–16	9	2.37	2.26	1.05
17.		T	5	
11–12	3	2.06	1.75	1.18
12–13	5	2.10	1.56	1.41
20.		I	5	
16–17	8	2.59	1.65	1.50
17–18	3	2.99	1.82	1.64
18–19	3	3.08	2.06	1.49
19–20	6	3.01	1.91	1.58
20–21	3	2.59	1.64	1.58
22.		X	6, ab 14h:5	
9–10	3	1.95	1.47	1.33
10–11	2	1.86	1.56	1.18
11–12	7	1.70	1.41	1.21
12–13	3	1.30	1.28	1.01
13–14	2	1.84	1.60	1.15
14–15	3	2.41	1.29	1.87
15–16	3	2.81	1.59	1.77
23.		PM	5	
14–15	3	3.10	2.82	1.10
15–16	5	2.76	2.56	1.08
16–17	6	1.98	1.58	1.23
17–18	3	1.85	1.05	1.88
18–19	5	1.90	1.03	1.84
24.		PM	6	
11–12	3	0.86	0.66	1.30
12–13	5	1.36	0.94	1.06
13–14	3	2.11	1.20	1.76
15–16	2	2.57	1.26	2.04
27.		M	5	
13–14	5	3.39	2.67	1.27
14–15	3	3.78	2.93	1.29
29.		X	5	
13–14	3	4.20	2.24	1.88
14–15	7	4.63	2.73	1.70
30.		PM	4	
15–16	3	4.76	2.52	1.89
16–17	3	4.25	2.15	1.98
17–18	5	4.37	2.39	1.93
18–19	3	4.22	2.27	1.86
19–20	3	3.92	1.95	2.02

Dezember

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
1.		C	2	
12–13	3	5.43	3.76	1.44
13–14	5	5.74	3.81	1.58
15–16	3	4.61	3.03	1.52
16–17	3	2.67	1.81	1.48
3.		TM	6	
15–16	3	8.45	8.63	1.02
16–17	5	7.46	5.47	1.36
18–19	5	6.26	5.96	1.03
5.		TM	4	
11–12	4	3.41	2.78	1.23
12–13	7	3.53	2.28	1.55
14–15	3	3.45	2.19	1.58
15–16	5	3.91	2.77	1.49
16–17	2	4.05	2.22	1.83
6.		M	4	
10–11	3	2.98	1.42	2.05
11–12	3	3.28	1.68	1.96
13–14	2	4.16	2.20	1.89
7.		I	5	
11–12	3	1.91	1.18	1.62
12–13	3	1.77	1.23	1.44
13–14	5	1.70	1.43	1.23
8.		I	5	
14–15	3	2.46	2.03	1.21
15–16	6	1.76	1.30	1.35
11.		C	3, ab 16h:6	
13–14	4	3.96	1.83	2.16
14–15	4	3.02	1.83	1.71
15–16	3	3.26	1.97	1.66
16–17	6	2.33	1.64	1.42
12.		C	5	
11–12	3	4.42	3.81	1.16
12–13	6	4.71	4.18	1.13
13.		M	3	
11–12	6	4.21	2.66	1.58
12–13	2	3.79	2.75	1.38

Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	Zeit	z	λ'_+	λ'_-	q_λ
			Dezember (Forts.)						
14.		X 5			21.		C 6		
10—11	5	2.56	1.88	1.36	14—15	5	2.98	2.25	1.33
11—12	6	2.51	1.81	1.39	22.		C 5		
15—16	8	2.92	2.22	1.32	13—14	6	3.69	2.51	1.47
15.		M 3			27.		I 6		
14—15	3	4.27	2 27	1.88	11—12	4	2.83	1.88	1.50
15—16	4	3.85	2.48	1.55	12—13	5	3.57	2 27	1.57
17.		I 5			14—15	5	4.56	3.62	1.26
15—16	5	5.05	3.01	1.68	28.		I 6		
16—17	4	3.32	2.34	1.42	11—12	3	2.18	1.84	1.19
20.		X 4			12—13	5	2.00	1.56	1.34
13—14	8	1 96	1.10	1.75	29.		X 5		
15—16	6	1.74	1.20	1.45	11—12	3	2 93	2.51	1.71
16—17	3	1.67	1.18	1.42	12—13	6	3.25	2.71	1.20

Die kleinsten Werte der Leitfähigkeit wurden am 24. 11. bei Nebel 2 festgestellt; der Stundenwert von 11—12^h betrug für $\lambda_+ = 0.86$, für $\lambda_- = 0.66 \cdot 10^{-5}$ E. S. E. Die absolut niedrigsten Einzelmessungen mit $\lambda_+ = 0.63$ und $\lambda_- = 0.57 \cdot 10^{-5}$ E. S. E. wurden in der gleichen Zeit beobachtet. q_λ hatte den kleinsten Stundenwert bei starkem Regen am 31. 10. zwischen 17 und 18 Uhr mit 0.49, der kleinste Einzelwert wurde mit 0.16 am 6.10. um 15¼ ^{h} während einer regenlosen Bö beobachtet. Der maximale Stundenwert für λ_+ lag am 3. 5. nach einem Gewitter mit $14.8 \cdot 10^{-5}$ E. S. E. Der höchste Einzelwert war in der gleichen Zeit $\lambda_+ = 26.2 \cdot 10^{-5}$ E. S. E. Der höchste Stundenwert für λ_- ergab sich am 31. 10. zwischen 18 und 19 Uhr bei heftigem Regen mit $16.6 \cdot 10^{-5}$ E. S. E., der höchste Einzelwert in der gleichen Zeit war $23.2 \cdot 10^{-5}$ E. S. E. Der höchste Stundenwert für q_λ wurde am 11. 12. von 13—14 Uhr bei ∞^2 und cirrösem Himmel mit 2.16 gemessen; der höchste Einzelwert war $q_\lambda = 8.0$ am 14. 8. während eines Gewitters.

b) Jährlicher Gang.

Die Tabelle 2a bringt die Zusammenstellung aller Leitfähigkeitsmessungen mit Ausnahme der bei Niederschlägen und Gewittern vorgenommenen, nach

Tabelle 2 a

Monatsmittel aller Tage

Monat	z	λ'_+	λ'_-	Λ'	q_λ	PG	i'
Januar	5	3.84	2.46	6.30	1.57	416	2.14
Februar	4	4.07	2.86	6.93	1.42	401	3.09
März	15	4.99	3.41	8 40	1.47	310	2,90
April	9	5.08	3.61	8.69	1.39	308	2.74
Mai	12	4.95	3.88	8.83	1.28	244	2,38
Juni	9	5.11	3.79	8.90	1.39	207	2.01
Juli	10	5.56	3.85	9.41	1.43	179	1.87
August	7	5.69	3.84	9.53	1.47	177	1.85
September	16	5.19	4.20	9.39	1.24	219	2.23
Oktober	21	4.35	3.38	7.73	1.32	245	2.00
November	18	3.36	2.33	5.69	1.47	349	2.20
Dezember	16	3.25	2.25	5.50	1.46	321	1.94
Jahresmittel	142	4.62	3.32	7.94	1.41	279	2.23

Monaten geordnet. z bedeutet die Zahl der Tagesmittel, aus denen sich die Monatsmittel errechneten. Der Gang von λ_+ entsprach einer doppelten Periode mit dem Hauptminimum im Januar und einem zweiten, flacheren, im Mai. Das Hauptmaximum lag im August, das zweite im April. λ_- ging damit nicht streng parallel, Haupt- und Nebenmaximum, sowie das zweite Minimum waren gegen λ_+ um einen Monat verspätet. Dies hatte für Λ eine einfache Periode mit dem Minimum im Januar und dem Maximum im August zur Folge. In allen Monaten war $q_\lambda > 1$, am größten in den Wintermonaten und im Hochsommer. Hier machten sich offenbar Nebel- und Dunsteinflüsse geltend. Die Potentialgefällewerte zeigten den für Potsdam charakteristischen Gang mit Tiefstwerten im Sommer und Höchstwerten im Winter. Der auffallend hohe Novemberwert war eine Folge des in diesem Monat stark nebligen Wetters. Die Stromwerte folgten meist dem Verlauf des Potentialgefälles.

Tabelle 2 b

Monatsmittel der ungestörten Tage

Monat	z	λ'_+	λ'_-	Λ'	q_λ	PG	i'
Januar	2	4.27	2.80	7.07	1.53	281	2.20
Februar	1	4.40	3.00	7.40	1.47	452	3.62
März	8	5.52	3.56	9.08	1.58	332	3.24
April	7	5.66	3.94	9.60	1.43	304	3.05
Mai	10	5.13	3.91	9.04	1.32	238	2.44
Juni	9	5.11	3.79	8.90	1.39	207	2.01
Juli	9	5.82	3.97	9.79	1.49	183	1.97
August	4	5.52	3.80	9.32	1.46	165	1.70
September	14	5.22	4.22	9.44	1.26	218	2.26
Oktober	10	4.25	3.12	7.37	1.39	285	2.29
November	5	4.33	2.76	7.09	1.58	337	2.65
Dezember	4	4.08	2.51	6.59	1.64	351	2.54
Jahresmittel	83	4.93	3.45	8.38	1.46	279	2.50

Tabelle 2b und Abbildung 2 bringen die Monatswerte der ungestörten Tage. Bei λ_+ trat die doppelte Periode deutlicher als in Tabelle 2a hervor. Dagegen war der Verlauf von λ_- im ganzen gesehen einperiodisch, mit

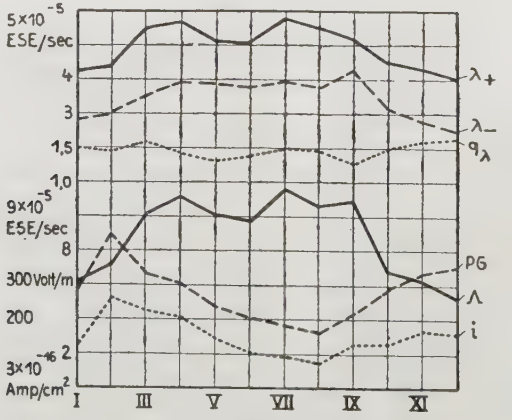

Abb. 2

Jahresmittel der Leitfähigkeit an ungestörten Tagen.

dem Minimum im Januar und dem Maximum im September, der 1934 ein ausgesprochener Sommermonat war. Im Sommer waren die Schwankungen von λ_- von Monat zu Monat nur gering — der Stadteinfluß Potsdams und Berlins wirkte offenbar dämpfend — und kleiner als die von λ_+. Im Winter war das Umgekehrte der Fall, da der hohe Feuchtigkeitsgehalt λ_- stärker als λ_+ beeinflußte. Der Verlauf der überschießenden Leitfähigkeit glich dem an allen Tagen. Das P G stimmte gut mit dem langjährigen Potsdamer Mittel überein. Im ganzen gesehen ging die Leitfähigkeit invers zum P G, so lagen das Maximum des einen und das Minimum des andern im gleichen Monat. Der Strom war parallel zum Gefälle.

Schultz (l. c. S. 7) fand 1932/33 in Potsdam für den jährlichen Gang der leichten Ionen ebenfalls eine doppelte Periode, deren Extrempunkte mit geringen Abweichungen die gleiche Lage hatten wie die der vorliegenden Leitfähigkeitskurven. Dieser enge, nach der Definition der Leitfähigkeit zu erwartende Zusammenhang war vorhanden, obwohl beide Meßreihen aus verschiedenen Jahren stammten.

c) Täglicher Gang.

Zur Feststellung des täglichen Ganges in jedem Monat wurden alle Messungen verwendet; die Messungen an ungestörten Tagen waren nur zahlreich genug, um in Vierteljahresgruppen zusammengefaßt zu werden.

Die Abbildung 3 bringt für jeden Monat den täglichen Gang von λ_+, λ_- und q_λ für die Zeit von 9 bis 21 Uhr. Für den täglichen Gang von λ_+ ließen sich drei Typen unterscheiden: der erste Typ, der für Januar, April, Mai, August und November charakteristisch war, zeigte in seinem Verlauf zwei Minima, ein stärker ausgeprägtes am Vormittag, ein schwächeres am Nachmittag. Der zweite Typ hatte nur ein breites Minimum in den Mittagsstunden; ihm gehörten März und Oktober an. Zwischen Typ 1 und Typ 2 lag stets als Übergangsform der Typ 3, der im Februar, Juni und September auftrat; ein ständiges Anwachsen der Leitfähigkeitswerte während der Meßzeit charakterisierte ihn.

λ_- ging mit λ_+ nur in großen Zügen parallel. Die Abweichungen sind am besten aus dem täglichen Gang von q_λ ersichtlich. In allen Monaten war vormittags und mittags die überschießende Leitfähigkeit klein; zum Nachmittag hin nahm sie langsam zu, um dann ruckartig, etwa 1 bis 2 Stunden vor Sonnenuntergang in dem betreffenden Monat, zu steigen. So lag dieser Anstieg im Winter zwischen 13 und 14, im Frühjahr und Herbst um 17 und im Sommer zwischen 18 und 19 Uhr. Der Anstieg von q_λ ergab sich aus einem raschen Rückgang von λ_-, dagegen nahm λ_+ meist noch etwas zu. Markgraf (l. c. S. 2) erklärte dies mit einem Nachlassen der Hallwachswirkung der Sonne. Jedoch wurden sicher nicht nur weniger leichte negative Ionen erzeugt, sondern es wurde auch die Beweglichkeit der vorhandenen von dem um die genannte Zeit auftretenden Dunst verringert. Beides zusammen bewirkte eine Verminderung der negativen Leitfähigkeit.

Abbildung 4a stellt den nach Jahreszeiten geordneten täglichen Gang der Leitfähigkeit an ungestörten Tagen dar. Im Jahresmittel stieg λ_+ in den ersten Vormittagsstunden, blieb annähernd gleich bis zum Nachmittag und stieg dann weiter zum Maximum, das zwischen 17 und 18 Uhr erreicht wurde. λ_- ging bis zum Nachmittag damit ziemlich parallel, dann setzten Abweichungen ein, die sich

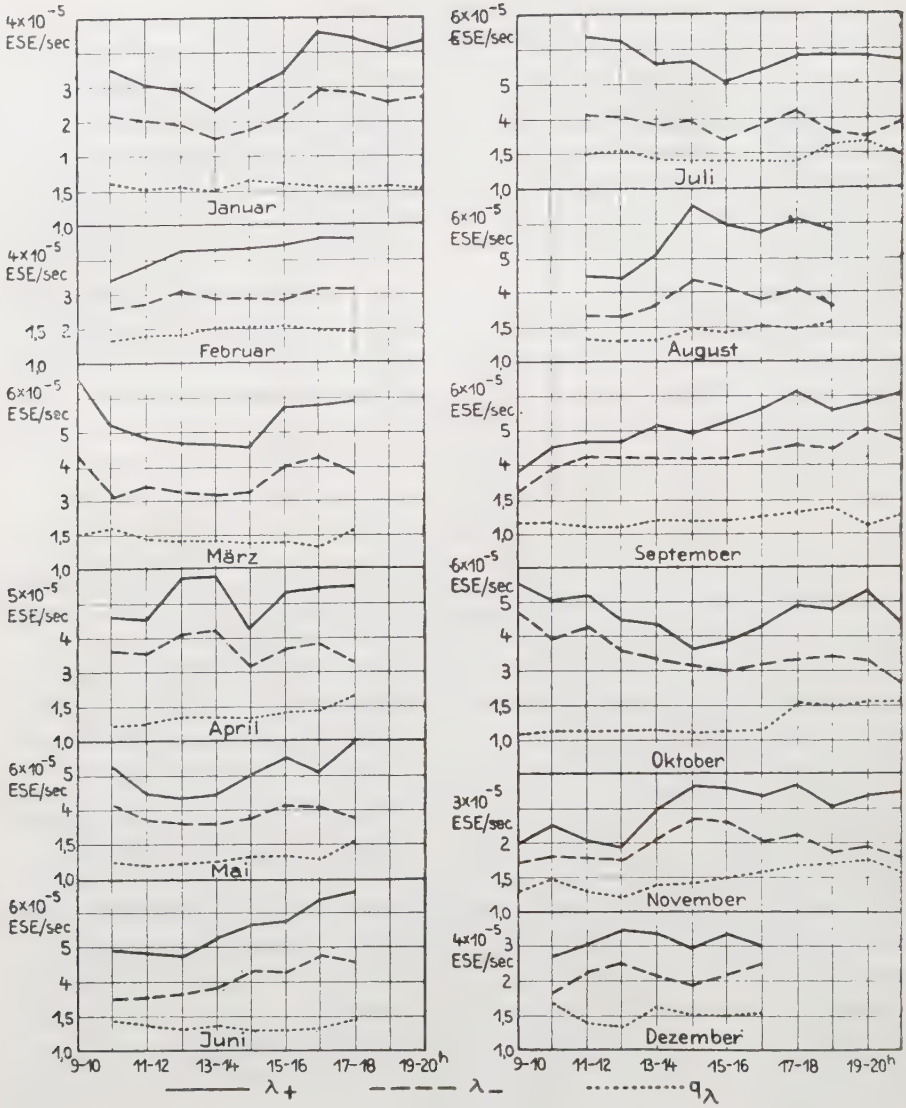

Abb. 3.
Täglicher Gang der Leitfähigkeit an allen Tagen.

in dem bei Abb. 3 besprochenen Ansteigen der q_λ-Werte äußerten. Ebenfalls für die ungestörten Tage vergleicht die Abbildung 4b den täglichen Gang der totalen Leitfähigkeit Λ mit PG und i. PG und Λ gingen meist invers; i hatte nur im Frühjahr eine größere Amplitude, weil PG und Λ hier vielfach parallel waren. Wie ein Vergleich der Abbildungen 4a und b lehrte, war besonders im Frühjahr und Herbst eine Ähnlichkeit der q_λ- und i-Kurven vorhanden, die sich aus der Einwirkung des Dunstes auf die negativen leichten Ionen erklärte. Während die unbeweglicher gewordenen negativen Ionen für die Leitfähigkeit unwirksam waren, blieb ihr Anteil am Strom im wesentlichen bestehen, da zum Strom nach Feststellungen Griegers (l. c. S. 10) auch schwere Ionen beitragen.

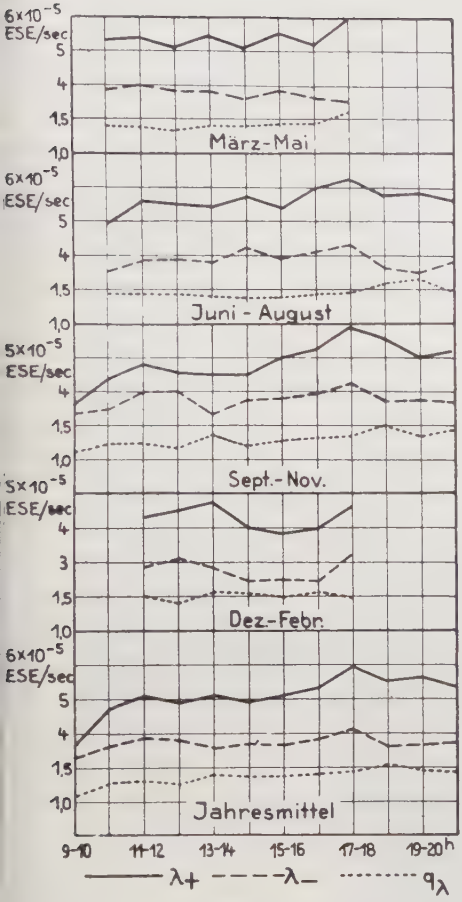

Abb. 4a.
Täglicher Gang der polaren Leitfähigkeiten an ungestörten Tagen.

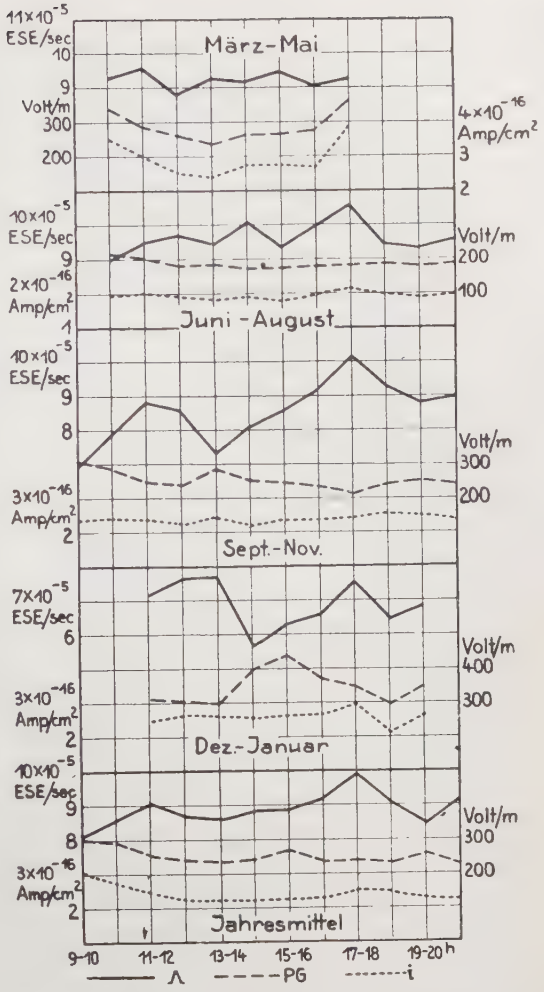

Abb. 4b.
Täglicher Gang der Gesamtleitfähigkeit, des Vertikalstromes und des Potentialgefälles an ungestörten Tagen.

Zwei längere Meßreihen, die einen Überblick über den Gang der Leitfähigkeit während des ganzen Tages gaben, wurden in Abbildung 5a dargestellt. Die Oktobermessung begann am Nachmittag; die Werte waren anfangs durch Dunsteinfluß etwas zu klein. Die 24stündige Messung vom 17./18. September wurde bei klarem, meist wolkenlosem Wetter aufgenommen. Sie zeigte den für September charakteristischen stetigen Anstieg der Leitfähigkeit bis zu einem breiten Maximum in den Abend- und ersten Nachtstunden. Zwischen 1 und 2 Uhr wurden die tiefsten Nachtwerte erreicht. Das bekannte Morgenmaximum stellte sich gegen 4 Uhr ein. Mit der vor Sonnenaufgang einsetzenden Bildung einer Dunstschicht wuchs q_λ, um mit ihrer Auflösung wieder abzunehmen. Die Leitfähigkeit wurde vom Abend des 17. zum Morgen des 18. September kleiner, weil im Laufe der Nacht unter Winddrehung von NW auf S Tropikluft einbrach (vergl. S. 30). Für beide Meßreihen wurden in Abb. 5b Λ, PG und i zusammengestellt, um nachzuweisen, daß auch im Einzelfall der aus den Mittelwerten abgeleitete inverse Gang von Λ und PG vorhanden war.

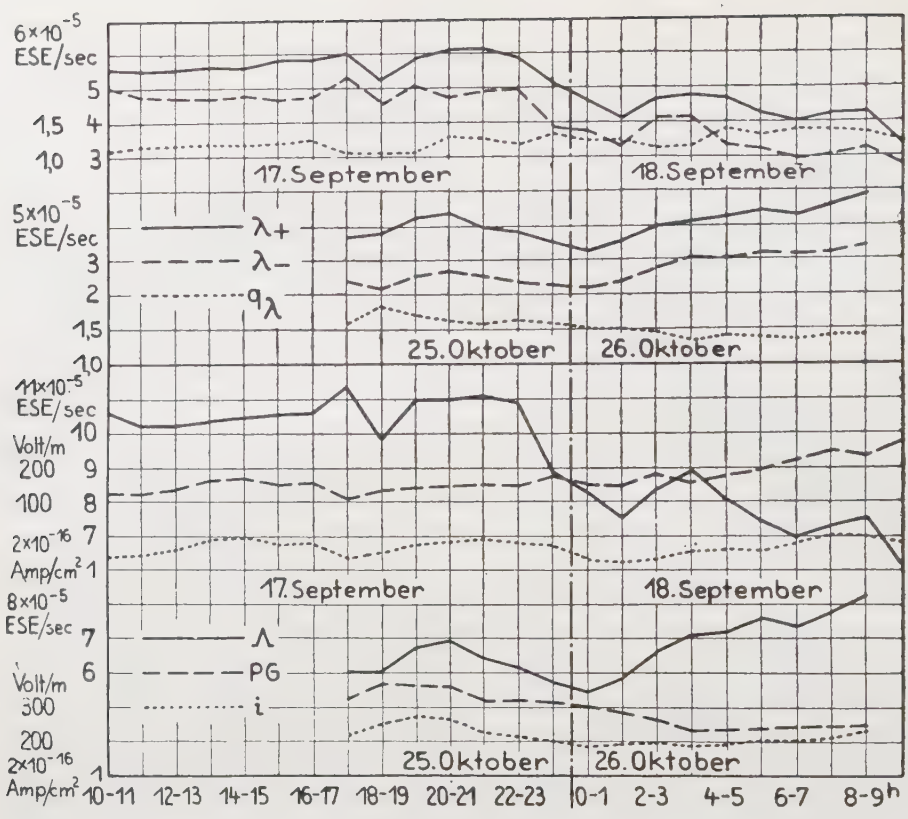

Abb. 5a und 5b

Täglicher Gang der luftelektrischen Elemente an zwei ungestörten Tagen.

III. Abhängigkeit der Leitfähigkeit von meteorologischen Faktoren.

a) Ungestörte Tage.

1. Sicht, relative Feuchtigkeit und Äquivalent-Temperatur.

In Tab. 3 sind die Leitfähigkeitsmessungen der ungestörten Tage nach 5 Sichtstufen geordnet. Verwendet wurden die Stundenwerte 11—12 h und 12—13 h, die der täglich um 12 Uhr vom Observatorium vorgenommenen Sichtschätzung am nächsten liegen; z ist ihre Anzahl. Das Jahresmittel jeder Gruppe für λ_+, λ_-, q_λ, PG und i wurde — ebenso auch die Gesamtmittel in den übrigen Tabellen — aus allen in die betreffende Gruppe fallenden Stundenwerten gebildet. Die Zusammenfassung der Monate erfolgte nach meteorologischen Jahreszeiten, so bilden Januar, Februar und Dezember 1934 das Winterquartal usw. Im Jahresmittel wuchsen mit zunehmender Sicht positive und negative Leitfähigkeit, und zwar besonders stark in den Sichtstufen bis 30 km, λ_- nahm stärker zu als λ_+, was deutlich in dem Absinken des q_λ-Wertes sichtbar wurde, der bei bester Sicht am kleinsten war. Das Potentialgefälle ging, wie zu erwarten, invers zur Leitfähigkeit. Der Strom nahm anfangs ab, um dann zu steigen, Frühjahr, Sommer und Herbst boten das gleiche Bild; für den Winter reichte die Zahl der Messungen zur Klarstellung der Verhältnisse nicht aus.

Tabelle 3
Sichtweite und luftelektrische Elemente

Sichtweite Km	März—Mai						Juni—August						September—November						Dezember—Februar						Jahresmittel					
	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
0—10	3	3.88	2.99	1.30	337	2.39	2	4.25	3.41	1.24	—	—	4	3.30	2.40	1.38	362	2.28	4	4.06	2.38	1.75	332	2.40	13	3.81	2.68	1.42	344	2.35
11—20	9	4.05	3.11	1.30	310	2.27	4	4.76	3.28	1.45	195	1.66	11	4.39	3.56	1.27	256	2.25	2	4.54	3.02	1.50	410	3.41	26	4.34	3.17	1.37	271	2.25
21—30	8	5.39	3.81	1.41	248	2.61	9	5.49	3.85	1.45	175	1.79	16	4.69	3.76	1.27	243	2.18	2	4.39	3.02	1.46	263	2.18	35	5.04	3.75	1.34	224	2.17
31—40	5	5.72	3.72	1.54	345	3.78	4	5.66	3.94	1.45	196	2.27	4	4.89	4.51	1.09	209	2.51	—	—	—	—	—	—	13	5.45	4.03	1.35	259	2.94
>40	8	5.93	4.46	1.32	266	3.14	6	5.96	4.40	1.37	170	1.87	2	5.53	4.46	1.20	197	2.18	—	—	—	—	—	—	16	5.89	4.44	1.32	218	2.51

Die Deutung des Ergebnisses folgt aus der Verteilung der Zahl der leichten Ionen auf die einzelnen Sichtstufen, die nach den Ergebnissen in Potsdam[2]) und Frankfurt/Main[3]) bei bester Sicht den größten, bei schlechtester den geringsten Anteil am Spektrum haben. Nach Schmauß[4]) können die kleinsten, die Lufttrübung hervorrufenden Teilchen zu größeren Komplexen zusammentreten und sich auch wieder teilen. Aus der Koschmiederschen[5]) Formel für die Sichtweite geht hervor, daß trübe Luft größere Aerosole enthält als klare Luft. Mit zunehmender Lufttrübung — Sichtverschlechterung — wird also die Wahrscheinlichkeit der Anlagerung der leichten Ionen an größere Molekülkomplexe steigen. Da dann ihre Beweglichkeit geringer wird, verlieren sie an Bedeutung für die Leitfähigkeit.

Aus der Tabelle 4 geht für jeden Monat die Verteilung der Leitfähigkeit auf 7 Feuchtigkeitsintervalle hervor; z bedeutet die Zahl der gemittelten Stundenwerte. Nach der Feststellung des Einflusses der Sicht auf die Leitfähigkeit waren auch eindeutige Beziehungen zwischen relativer Feuchtigkeit und λ zu erwarten, da diese mit der Sicht eng verknüpft ist: mit zunehmender relativer Feuchtigkeit verringert sich die Sichtweite. In der Tat wurden im Jahresmittel beide polaren Leitfähigkeiten vom Intervall 30 bis 39 % ab mit zunehmender relativer Feuchte kleiner. λ_- nahm rascher ab als λ_+, was in der Zunahme der q_λ-Werte deutlich zum Ausdruck kam. Dieses Ergebnis erklärte sich daraus, daß die mit wachsender relativer Feuchte größer und zahlreicher werdenden Molekülkomplexe durch Molesierung von leichten Ionen deren Anteil an der Leitfähigkeit schmälern. Die negativen leichten Ionen waren wegen ihrer größeren Beweglichkeit der Anlagerung stärker ausgesetzt als die positiven. Die Molesierung der leichten Ionen wies Kähler (l. c. S. 24) für Potsdam nach.

Bei Laboratoriumsversuchen erhielten Israël und L. Schulz[6]) durch Steigerung der relativen Feuchtigkeit von 40 auf 99 % eine Abnahme der leichten Ionen um die Hälfte. Ähnliches erhielt ich für die Leitfähigkeit. Aus der Differenz der Intervalle $>$ 80 und 30 bis 39 % errechnete sich für je 10 % Zunahme der relativen Feuchtigkeit für λ_+ eine Abnahme von 6.8 %, für λ_- eine solche von 8.7 % ihres Anfangswertes. Einer Steigerung des Feuchtigkeitsgehaltes um 50 % würde also eine Verminderung der Leitfähigkeit um 33, bezw. 44 % entsprechen. Diese Berechnung war statthaft, weil die Abhängigkeit der positiven und negativen Leitfähigkeit von der relativen Feuchte, wie in Abbildung 6 dargestellt ist, fast linear war.

Der λ-Wert des Intervalles $<$ 30 % ist kleiner als der des folgenden, während er nach der angestellten Überlegung hätte größer sein müssen. Dieser Befund ist jedoch rein statistischer Natur. Tatsächlich war in den Monaten April bis Juli, für die Beobachtungen bei einer Feuchtigkeit unter 30 % vorlagen, die Leitfähigkeit stets größer als in dem entsprechenden Monat der Gruppe

---

[2]) K. Kähler, Luftelektrische Messungen während des Polarjahres 1932/33 in Potsdam, Reichsamt für Wetterdienst, Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. I, Nr. 2. Berlin 1935.

[3]) H. Israël, Gerl. Beiträge z. Geophys. **26**, 283, 1930.

[4]) A. Schmauß und A. Wigand, Die Atmosphäre als Kolloid, Sammlg. Vieweg, Braunschweig 1929.

[5]) H. Koschmieder, Beiträge z. Phys. d. freien Atmosph. **12**, 33, 1924.

[6]) H. Israël und L. Schulz, Met. Zeitschr. **49**, 231, 1932.

Tabelle 4

Relative Feuchtigkeit und luftelektrische Elemente

Monat	< 30 %						30–39 %						40–49 %						50–59 %						60–69 %						70–79 %						≧ 80 %					
	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
Januar	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	4.40	3.02	1.46	263	2.18	4	4.32	2.78	1.56	270	3.07	2	4.10	2.60	1.56	347	2.65
Februar	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	4.64	3.44	1.36	440	3.86	1	3.65	2.68	1.36	466	3.16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
März	–	–	–	–	–	–	5	5.35	3.56	1.50	316	3.11	6	5.25	3.51	1.53	301	2.84	5	5.54	3.61	1.54	321	3.00	4	5.10	3.32	1.60	367	3.74	2	4.58	3.29	1.46	514	3.11	–	–	–	–	–	–
April	6	5.91	4.43	1.33	228	2.64	8	5.66	4.03	1.41	287	3.13	3	4.83	3.12	1.51	336	2.80	4	4.49	3.05	1.38	359	2.40	3	4.43	3.00	1.44	481	3.94	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mai	14	5.41	4.02	1.34	222	2.38	8	5.22	4.07	1.30	266	2.76	4	4.78	3.68	1.30	332	3.06	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Juni	10	4.90	3.46	1.41	214	1.97	5	4.53	3.53	1.31	225	1.84	6	5.61	4.21	1.34	194	2.27	2	6,85	5 32	1.29	101	1.36	1	6.73	5.43	1.24	117	1.58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Juli	5	5.79	3.90	1.47	196	2.13	15	5.82	4.01	1.67	184	2.02	8	5.74	4.74	1.36	180	1.74	4	4.94	3.50	1.38	170	1.61	1	3.40	2.62	1.30	168	1.11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
August	–	–	–	–	–	–	4	5.80	4.42	1.31	145	1.64	6	5.39	3.59	1.50	172	1.72	6	5.08	3,47	1.46	187	1.76	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
September	–	–	–	–	–	–	7	6.59	5.43	1.23	257	3.02	21	5.23	4.32	1.20	236	2.38	23	4.90	3.94	1,24	216	2.03	8	4.78	4.13	1.16	183	1.68	4	4.73	3.74	1.29	227	1.87	2	4.14	2.71	1.55	244	1.85
Oktober	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8	4.33	3.20	1.36	304	2.51	7	4.11	3.15	1,36	241	1.99	7	4.09	2.93	1.40	336	2.52	8	3.95	2.61	1.53	322	2.18	7	3.85	2.39	1.60	331	2.24
November	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	4.50	2.63	1.71	342	2.71	3	4.13	2.68	1,53	314	2.33	4	4,55	2.88	1.60	316	2.60	3	4.32	2.63	1.66	401	2.92	5	3.36	2.11	1.63	360	2.03
Dezember	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	5.43	3.76	1.44	360	3.67	3	4.50	2.80	1 74	304	2.47	8	3.60	2.24	1.59	367	2.38
Jahresmittel	35	5.40	3.91	1.38	217	2.30	52	5.63	4.16	1.35	230	2.47	65	5.20	3.93	1.33	247	2.39	55	4.85	3.62	1.35	253	2.40	31	4.62	3.39	1.36	301	2.62	24	4.49	3.02	1.48	328	2.40	24	3.71	2.34	1.58	343	2.23

Tabelle 5

Äquivalent-Temperatur und luftelektrische Elemente

	0 — 14.9						15.0 — 24.9						25.0 — 34 9						35.0 — 44.9						≧ 45.0					
	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ^*	PG	i'
März—Mai	7	5.12	3.27	1.62	374	3.28	21	5.14	3.59	1.44	300	2.83	14	5.20	3 92	1.33	242	2.45	7	6.60	4.40	1.57	276	3.32	7	5.11	3.60	1.41	303	2.94
Juni—August	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8	4.92	3.63	1,36	214	1.96	31	5.65	3.76	1.44	195	2.07	23	5.81	3.93	1,50	169	1.83
September—November	–	–	–	–	–	–	16	4.46	3.02	1.51	310	2.52	20	4.56	3.39	1.39	262	2.22	22	5.24	4.13	1.27	255	2.67	14	6.34	5.38	1.18	178	2,26
Dezember—Februar	11	4.33	2.87	1.51	377	3.02	7	4.36	2.81	1.58	353	2.80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Jahresmittel	18	4.65	3.03	1 55	376	3.14	44	4.77	3.26	1.48	312	2.72	42	4.84	3.61	1.37	246	2.24	60	5.61	4.08	1.39	227	2.43	44	5.86	4 34	1.38	193	2.14

30 bis 39 %. Da für die Gruppe < 30 % im August und September keine Beobachtungen vorhanden waren, wirkten sich die hohen λ-Werte dieser Monate nur für die Gruppe 33 bis 39 % aus. Bei einer gleichmäßigeren Verteilung des Materials wäre auch für das Intervall < 30 % die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der relativen Feuchte erkennbar gewesen. In der Tat fanden Lahmeyer und Dorno[7]) Anfang 1931 in Assuan bei Leitfähigkeitsmessungen in reiner Luft die höchsten Werte bei einer relativen Feuchte unter 30 %.

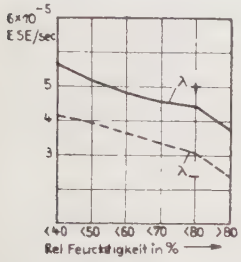

Abb. 6.
Leitfähigkeit und relative Feuchte im Jahresmittel.

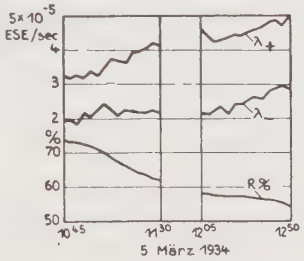

Abb. 7.
Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und relativer Feuchte.

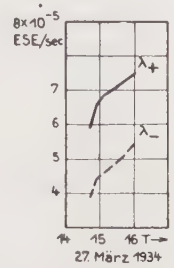

Abb. 8.
Leitfähigkeit und Aequivalenz-Temperatur

Vom Juni abgesehen, der aus unbekannten Gründen abwich, wiesen alle Monate die im Jahresmittel festgestellte Zunahme von λ mit kleiner werdender relativer Feuchte auf. Auch die im Laufe eines Tages erfolgten Änderungen der relativen Feuchte wirkten sich auf die Leitfähigkeit aus, sofern die übrigen meteorologischen Elemente sich nur wenig änderten. So ging am 5. März (Abb. 7) bei sonst gleichbleibender Witterung die relative Feuchtigkeit von 70 auf 45 % zurück, während λ_+ und λ_- merklich größer wurden. Das Potentialgefälle ging wieder invers zu λ. Der Strom war im ganzen gesehen bei geringer relativer Feuchtigkeit klein, bei großer hoch; ein Ergebnis, das mit den direkten Strommessungen Griegers (l. c. S. 19) übereinstimmt.

In der Tabelle 5 sind die Leitfähigkeitswerte nach 5 Stufen der Äquivalent-Temperatur $T = 2 \cdot e + t$ geordnet; e bedeutet den Dampfdruck, t die Temperatur. Beide Vorzeichen der Leitfähigkeit wuchsen mit ansteigender Äquivalent-Temperatur. q_λ nahm in den ersten drei Stufen von T ab, um dann gleichzubleiben. Dieses Ergebnis scheint in Widerspruch zu stehen mit der in Tabelle 4 festgestellten Abnahme der Leitfähigkeit mit zunehmender relativer Feuchte, doch ergab eine Auszählung, daß einer geringen relativen Feuchte eine hohe Äquivalent-Temperatur entspricht und umgekehrt. Somit ist Tabelle 5 eine Ergänzung und Bestätigung der Tabelle 4. Bei dem ausgeprägten jährlichen Gang von e und t — kleine Werte im Winter, hohe im Sommer —, konnte man annehmen, daß sich in der Abhängigkeit der Leitfähigkeit von T nur der jährliche Gang von λ wiederspiegelte. Jedoch nahm auch in den Jahreszeiten die Leitfähigkeit mit wachsendem T zu. Das gleiche Bild boten, wenn auch vielfach überdeckt von Einflüssen anderer meteorologischer Faktoren, Tage mit stärkerer Änderung der Äquivalent-Temperatur, z. B. der 27. März (Abb. 8). Potentialgefälle und Strom verhielten sich bei der Ordnung nach Gruppen der Äquivalent-Temperatur umgekehrt wie die Leitfähigkeit.

---

[7]) F. Lahmeyer und C. Dorno, Assuan, eine meteorologisch-physikalisch-physiologische Studie, Sammlung Vieweg, Braunschweig 1932, S. 29.

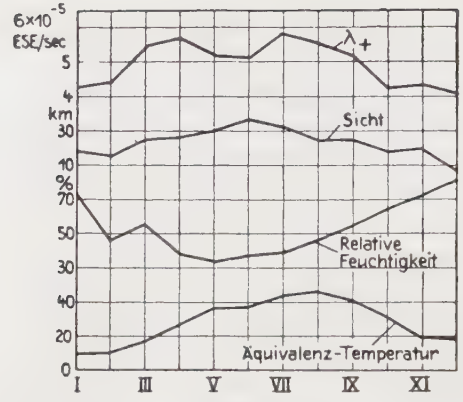

Abb. 9.

Jahresmittel der positiven Leitfähigkeit
und der meteorologischen Elemente an ungestörten Tagen.

Der Einfluß von Sicht, relativer Feuchte und Äquivalent-Temperatur auf die Leitfähigkeit war also beträchtlich. Ein Vergleich des jährlichen Ganges dieser Elemente mit dem der positiven Leitfähigkeit (Abb. 9), ließ im allgemeinen bei Zu- oder Abnahme der Sichtweite und der Äquivalent-Temperatur eine gleichsinnige, bei Zu- oder Abnahme der relativen Feuchtigkeit eine entgegengesetzte Änderung von λ_+ erkennen. Der jährliche Gang der Leitfähigkeit war also in erster Linie meteorologisch bedingt. Eine Erklärung des Nebenminimums von λ_+ im Mai und Juni ließ sich aus dem Verhalten der meteorologischen Elemente nicht geben. Sein Entstehen muß man auf ungleichmäßige Ionenproduktion zurückführen.

Somit haben an der Ausbildung des jährlichen Ganges der Leitfähigkeit die meteorologischen Elemente mittelbaren, die Ionisierungsquellen der Atmosphäre unmittelbaren Einfluß.

2. Luftkörpereinfluß.

Aus praktischen Erwägungen heraus wurde in die Meteorologie und Klimatologie der Luftkörperbegriff eingeführt. Linke[8]), Friedrichs[9]), Grundmann und Moese[10]), Dinies[11]) und Geiger[12]) ordneten jedem Luftkörper bestimmte meteorologische Merkmale zu, so daß umgekehrt die Luftkörper auch aus den meteorologischen Daten bestimmt werden konnten. Um die Leitfähigkeitsverhältnisse in den verschiedenen Luftkörpern aufzuweisen, wurde für Potsdam ein Luftkörperkalender angelegt. Die Analyse der Luftkörper erfolgte nach den Bezeichnungen von Linke und Dinies an Hand der Berliner und der Hamburger Seewarte Wetterkarten, sowie der Potsdamer Beobachtungsergebnisse. Nicht in allen Fällen war die Herkunft der Luft so klar, daß

---

[8]) F. Linke und E. Dinies, Das Wetter, 47, 1, 1930.

[9]) H. Friedrichs, Das Wetter, 47, 257, 1930. — Gerl. Beiträge zur Geophys. 28, 59, 1930.

[10]) W. Grundmann und O. Moese, Ann. d. Hydrogr. u. maritimen Meteorol. 59, 253, 1931.

[11]) E. Dinies, Aus dem Archiv d. Dtsch. Seewarte 50, 1932, Heft 6.

[12]) R. Geiger, Das Wetter, 49, 359, 1932.

sich eine eindeutige Bestimmung treffen ließ. Ein späterer Vergleich mit der von Dines[13]) für Berlin vorgenommenen Zusammenstellung der Luftkörperhäufigkeit zeigte jedoch in den Monatssummen nur selten Abweichungen.

Tabelle 6

Verteilung der Luftkörper über das Jahr 1934

Luftkörper	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
P	2	3	—	2	—	2	3	2	—	3	—	—	17
	1	1	—	1	—	—	1	—	—	3	—	—	7
C	6	1	6	10	4	8	2	6	3	1	4	7	58
	2	—	3	4	3	3	2	1	3	1	2	4	28
TC	—	—	—	—	1	—	—	—	10	—	—	—	11
	—	—	—	—	1	—	—	—	5	—	—	—	6
T	—	—	—	8	—	—	2	—	2	—	2	—	14
	—	—	—	3	—	—	—	—	2	—	2	—	7
TM	1	—	—	—	—	2	3	3	1	8	2	3	23
	—	—	—	—	—	—	1	—	—	6	2	2	11
M	10	6	4	5	3	2	7	12	3	11	6	5	74
	—	—	3	1	—	1	1	4	3	7	3	3	26
PM	6	13	5	2	14	8	8	5	5	6	4	—	76
	3	1	3	—	3	2	4	1	2	4	3	—	26
I	1	1	9	—	6	5	6	3	4	2	5	9	51
	—	—	5	—	4	2	1	1	2	—	3	6	23
X	5	4	6	3	3	3	—	—	2	—	7	7	40
	—	2	1	—	1	1	—	—	1	—	4	3	13

Aus der Tabelle 6 ist die Verteilung der Luftkörper über das ganze Jahr (1. Zeile) und für die Meßtage (2. Zeile) ersichtlich. Das Frühjahr war charakterisiert durch eine große Anzahl von C-, I- und T-Tagen, die für die Jahreszeit zu warmes und zu trockenes Wetter brachten. Im Sommer überwogen M-, PM- und I-Luft. Der Herbst, besonders der September (13 Tage mit Subtropik-Luft), war anfangs sonnig und warm. November und Dezember waren stark neblig; wie zu Beginn des Jahres herrschten maritime Luftkörper und Mischluft vor, es fehlte also die eigentliche Winter-Wetterlage. PC-Luft wurde nie, P-Luft nur selten festgestellt.

In der Tabelle 7 wurden für jedes Vierteljahr und das Jahresmittel Mittelwerte der Leitfähigkeit, des Gefälles und des Stromes zusammengestellt; z bedeutet die Zahl der Tagesmittel. Tropisch-kontinentale, polare und kontinentale Luft hatten die größte Leitfähigkeit; die maritimen Luftkörper PM, M und TM lagen nur wenig über dem Mittel aller ungestörter Tage; in den übrigen Luftkörpern war die Leitfähigkeit kleiner als der Durchschnittswert. q_λ lag bei M und TM über, bei TC, P und PM erheblich unter dem Mittelwert. Das Mittel der Gesamtleitfähigkeit der drei maritimen Luftkörper PM, M und TM betrug $8.78 \cdot 10^{-5}$, der entsprechende Wert für C und TC war $9.92 \cdot 10^{-5}$, also etwas höher. Ein Versuch, den jährlichen Gang der Leitfähigkeit aus der Verteilung der kontinentalen und maritimen Luftkörper zu erklären, scheiterte. Die höchsten PG-Werte traten bei X, die kleinsten bei PM auf; bei maritimen Luftkörpern war das Gefälle größer als bei kontinentalen.

[13]) E. Dines, Bioklimatische Beiblätter für Met. Zeitschr. Heft 2, 135, 1935.

Tabelle 7

Luftkörper und luftelektrische Elemente

Luftkörper	März – Mai						Juni – August						September – November						Dezember – Februar						Jahresmittel					
	z	λ'_+	λ'_-	q'_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
P	1	4.46	2.98	1.46	481	3.94	1	8.18	6.22	1.31	137	2.14	1	5 38	4 52	1.18	219	2.36	—	—	—	—	—	—	3	6.01	4.57	1.32	279	2.81
PC	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	5	6.26	4.40	1.42	253	3.00	5	5 59	3 88	1.45	189	2.20	4	4.45	3.52	1.24	266	2.33	3	4.12	2.56	1.62	348	2.48	17	5.30	3.78	1.46	246	2.52
TC	1	5.68	4.18	1.36	263	2.95	—	—	—	—	—	—	3	6.25	4.81	1.26	248	3.03	—	—	—	—	—	—	4	6.11	4.66	1.28	252	3.01
T	1	4.50	2.91	1.55	336	2.98	—	—	—	—	—	—	3	4.85	3.59	1.37	246	2.20	—	—	—	—	—	—	4	4.77	3.42	1.42	269	2.40
TM	—	—	—	—	—	—	1	6.46	4.14	1.56	167	1 93	3	4.56	3.14	1 47	282	2 51	—	—	—	—	—	—	4	5.04	3.39	1.49	278	2.39
M	4	5.68	3.68	1 54	311	3.26	4	5.86	3.99	1.47	164	1.73	3	3.90	2.70	1.43	309	2.27	2	4.06	2.54	1.61	355	2.60	13	5.07	3 37	1.51	272	2.47
PM	4	5.38	4.46	1.28	216	2.32	5	5.62	4.14	1.37	182	1.98	5	4.58	3.40	1.44	262	2.19	1	4.37	2.88	1.52	281	2.20	15	5.13	3 90	1.38	221	2.15
I	6	4.83	3.30	1.47	287	2.68	4	4.43	3.16	1.39	214	1.84	2	5.33	4.34	1.26	170	1.96	—	—	—	—	—	—	12	4.77	3.49	1.41	243	2.21
X	2	4 40	3.44	1.39	451	3.85	1	4.44	3.27	1.36	291	2.82	2	5 44	3.92	1.41	225	2.28	1	4.40	3.00	1.47	452	3.62	6	4.76	3.50	1.40	366	3.12

Die Tageswerte für ein und denselben Luftkörper differierten sehr. So betrug die Gesamtleitfähigkeit bei C-Luft am 1. Juni $9.2 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec, am 2. Juni 10.2 bei einem Anwachsen der Äquivalent-Temperatur von 37 auf 45; gleichfalls bei C-Luft am 14. September 10.4, am 15. September 8.9, wobei sich die Sicht um 10 km verschlechterte; bei TC-Luft am 12. September war $\Lambda = 14.6 \cdot 10^{-5}$, am 13. September 9.1 unter Rückgang der Sichtweite von 30 auf 13 km und bei einem Ansteigen der relativen Feuchte von 37 auf 50 %; bei PM-Luft am 25. Juli ergab Λ 9.2, am 26. Juli 7.2 bei Sichtverschlechterung von 45 auf 20 km. Dagegen änderte sich bei gleichbleibenden meteorologischen Werten die Leitfähigkeit der C-Luft vom 6. zum 7. April nur von 11.1 auf $12.0 \cdot 10^{-5}$. Zweimal gelang es, an 3 aufeinander folgenden Tagen in 3 verschiedenen Luftkörpern zu messen (Tabelle 8). Die einströmende TC-Luft brachte am 3. Mai gegen den Vortag erhöhte λ-Werte, die am folgenden Tag bei Mischluft wieder zurückgingen. Am 8. Juni löste frische maritime Luft Mischluft und indifferente Luft ab; die Leitfähigkeit wurde beträchtlich größer, q_λ und PG nahmen ab.

Tabelle 8

Leitfähigkeit und Wetterentwicklung

Datum	Luftkörper	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG
2. Mai	C	5.16	3.71	1.39	321
3. Mai	TC	5.68	4.18	1.36	263
4. Mai	X	4.69	4.52	1.04	—
6. Juni	X	4.44	3.27	1.36	291
7. Juni	I	3.04	2.24	1.36	264
8. Juni	M	6.78	5.27	1.29	106

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß einem Luftkörper eine bestimmte Leitfähigkeit nur dann zugeordnet werden konnte, wenn er seine sämtlichen charakteristischen Eigenschaften behalten hatte. Je mehr er alterte und der Ein- und Ausstrahlung unterlag, um so stärker schwankte infolge örtlicher meteorologischer Einflüsse die Leitfähigkeit. Dazu kam der Einfluß der Umgebung, den Israël[14]) bei Messungen der leichten Ionen für Frankfurt/Main feststellte und der auch nach meinen Messungen die ursprünglichen Leitfähigkeitsverhältnisse gelegentlich völlig ändern kann. Das Potentialgefälle zeigte bei Luftkörperwechsel (Tabelle 8) recht beträchtliche Änderungen des Erdfeldes, die denen von Goldschmidt und Bürger[15]) für Wahnsdorf gefundenen entsprachen. Allerdings war wohl bei dem von Goldschmidt gewählten Beispiel die Änderung des Gefälles weniger aus dem Wechsel von Kalt- und Warmluft, als aus dem damit verbundenen Schwanken der Nebelstärke zu erklären. Bei den Potsdamer Messungen handelte es sich jedoch um ungestörte Tage. Wenn im Gegensatz zu Kuhn[16]), der bei Messungen in Frankfurt/Main einen nivellierenden Stadteinfluß fand, einigen Luftkörpern charakteristische Gefällewerte zugeordnet werden konnten, so macht sich eben in Potsdam die günstigere Lage des Meßortes geltend.

[14]) H. Israël, Gerl. Beiträge z. Geophys. **26**, 298, 1930.

[15]) H. Goldschmidt und K. Bürger, Met. Zeitschr. **51**, 286, 1934.

[16]) H. Kuhn, Zeitschrift f. Geophys. **9**, 248, 1933.

3. Windrichtung, Windstärke und Austausch.

Bei der Mittelung der Stundenwerte der Leitfähigkeit nach Windrichtungen (Tabelle 9) wurde folgendermaßen verfahren: alle Werte bei NNW-, N- und NNE-Wind wurden gemittelt und der N-Richtung zugeteilt, das Mittel der NE-Richtung ergab sich aus den Werten bei NNE- NE- und ENE-Wind usw. Im Jahresmittel war der Unterschied der Werte bei verschiedenen Windrichtungen nicht sehr erheblich. Das Mittel der Gesamtleitfähigkeit bei SW-, W- und NW-Wind war 8.9, das bei SE-, E- und NE-Wind betrug $9.2 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec. Die geringe Differenz beider Werte weist auf die Vermischung von Luftkörper- und Stadteinfluß hin. Berücksichtigt man jedoch, daß bei östlichen Winden vielfach I- und X-Luft mit geringer Leitfähigkeit herrschte, so scheint auch dieses Ergebnis für eine höhere Leitfähigkeit der kontinentalen Luft zu sprechen. Trotz der zu erwartenden Raucheinwirkung Potsdams waren bei NW-Winden $\lambda+$ und $\lambda-$ hoch, weil der meist mit großer Stärke wehende NW-Wind Rauch und Staub schnell wegschaffte. Die herangebrachte PM- und M-Luft behielt also nahezu unverfälscht ihre Eigenschaften; der Luftkörpereinfluß überwog den Stadteinfluß.

Die Jahreszeiten gaben im wesentlichen das gleiche Bild wie der Jahresdurchschnitt. Die beobachteten Windsprünge brachten häufig deutliche Änderungen der Leitfähigkeit. Am 31. Juli drehte der Wind gegen 12 Uhr rasch nach NW auf ESE; die Leitfähigkeit ging trotz abnehmender relativer Feuchte von 11.9 auf $10.6 \cdot 10^{-5}$ zurück. Änderungen des Gefälles und Stroms traten erst eine Stunde später ein. In den Abendstunden des 17. Sept. wurde Mischluft von Tropikluft abgelöst. Der Wind sprang gegen 19 Uhr von WNW auf SSE, die Leitfähigkeit stieg von 9.8 auf $10.9 \cdot 10^{-5}$. Je mehr sich jedoch im Laufe der Nacht die T-Luft durchsetzte, um so mehr ging λ zurück (vergl. Abb. 5a). Mit Drehung des Windes von W auf S erniedrigte sich am 1. November die Leitfähigkeit zwischen 17 und 18 Uhr von 7.2 auf 5.6, wobei mit einsetzendem $\equiv^0$ besonders $\lambda-$ zurückging. Auch diese Fälle zeigten, daß ein Luftkörperwechsel sich luftelektrisch bemerkbar machte, sofern die herangebrachte Luft noch ihre charakteristischen Merkmale hatte.

Bei einer Ordnung des Materials nach der Windgeschwindigkeit muß man sich darüber klar sein, daß die bloße Änderung der Windstärke als solche den luftelektrischen Zustand der Atmosphäre nicht zu ändern vermag; es kommt vielmehr auf den Ursprung der Luft und auf ihre Eigenschaften an. Die Tabelle 10, in der die Stundenwerte der Leitfähigkeit für 4 Gruppen der Windstärke zusammengefaßt sind, weist in den Jahres- und Monatsmitteln für geringste und größte Windstärken hohe Werte beider Leitfähigkeiten auf. Das Maximum fiel in die Gruppe 0 bis 2.0 m/sec; die beiden Mittelgruppen hatten kleinere λ-Werte. Dieses Ergebnis war auf einen Luftkörpereinfluß zurückzuführen, denn es zeigte sich, daß bestimmte Windstärken für gewisse Luftkörper charakteristisch waren. So entfielen auf die Gruppe 0 bis 2.0 m/sec 6 kontinentale und 2 maritime, auf die Gruppe 2.1 bis 4.0 9 kontinentale und 7 maritime, auf die Gruppe 4.1 bis 6.0 je 11 kontinentale und maritime, auf die Gruppe $>$ 6.0 m/sec 2 kontinentale und 16 maritime Luftkörper. Der Anteil der C-Luft wurde also mit wachsender Windstärke geringer. Da kontinentale Luft höhere Leitfähigkeit hatte als die maritime (vergl. Tab. 7), mußte λ bei kleinster Windstärke höher sein als bei größter. An der Gruppe 2.1 bis 4.0 m/sec hatten I- und X-Luft erheblichen Anteil; hier mußte also die Leitfähigkeit klein sein. Das Mittel der Gruppe 4.1 bis 6.0 m/sec, das recht genau dem Mittelwert der Leit-

Tabelle 9
Windrichtung und luftelektrische Elemente

Windrichtung	März – Mai						Juni – August						September – November						Dezember – Februar						Jahresmittel					
	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
N	5	4.30	2.96	1.43	240	1.94	7	5.26	3.49	1.48	204	1.70	2	5.44	4.63	1.18	176	1.96	2	4.18	2.68	1.55	285	2.16	16	4.85	3.37	1.43	222	1.92
NE	10	4.96	3.61	1.38	233	2.20	7	5.08	3.44	1.47	194	1.80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17	5.01	3.54	1.41	218	2.04
E	18	5.62	4.02	1.41	301	3.13	16	5.40	3.62	1.48	178	1.79	35	5.37	4.31	1.26	246	2.69	2	4.19	2.71	1.55	–	–	71	5 41	4.04	1.35	245	2.60
SE	9	5.95	4.39	1.37	270	3.05	10	5.46	3.70	1.47	185	1.86	39	5.41	4.29	1.28	253	2.68	5	4.43	2.80	1.58	363	2.97	63	5.42	4.09	1.37	249	2.61
S	8	4.26	3.05	1.40	312	2.44	4	5.80	4.42	1.31	145	1.64	27	4.60	3.22	1.44	289	2 43	6	3.93	2.58	1.56	358	2.57	45	4.54	3.22	1.43	290	2.38
SW	9	4.83	2.96	1.63	405	3.43	2	6.34	4.74	1.34	147	1.80	23	4.00	2.87	1.40	313	2.37	–	–	–	–	–	–	34	4.36	3.09	1.41	330	2.65
W	20	6.00	4.10	1.48	280	3.12	18	5.40	3 86	1.40	195	2.00	30	4.79	3.66	1.32	231	2.04	4	4.36	2.98	1.46	408	3.31	72	5.26	3.93	1.40	245	2.41
NW	15	6.06	4.07	1.49	266	2.95	31	6.21	4.45	1.39	181	2.06	20	5.55	4 45	1.24	168	1.85	6	4.40	3.14	1.44	342	2.58	72	5.84	4.28	1.37	203	2.22

Tabelle 10
Windgeschwindigkeit und luftelektrische Elemente

Monat	0–2.0 m/sec						2.1–4.0 m/sec						4.1–6.0 m/sec						> 6.0 m/sec					
	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
Januar	–	–	–	–	–	–	2	4.08	2.58	1.56	321	2.39	4	4.34	2.78	1.56	258	2.04	2	4.39	3.02	1.46	264	2.18
Februar	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	4.31	3.17	1.36	452	3.62
März	4	7.84	5.29	1.48	245	3,62	8	5.03	3.23	1.56	368	3.12	–	–	–	–	–	–	6	5.63	3.62	1.55	312	3.28
April	3	6.51	4.28	1.52	259	3.10	2	6.52	4.51	1.45	282	3.48	8	4.53	3.26	1.39	368	3.25	7	5.44	4.20	1.30	232	2.49
Mai	2	5.16	3.24	1.59	286	2.66	11	5.46	3.89	1.40	261	2.71	8	4.57	3.68	1.24	216	2.09	3	4.73	4.09	1.16	156	1.56
Juni	2	5.06	3.69	1.37	206	1.96	9	4.18	2.97	1.41	238	1.86	3	6.09	4.61	1.32	137	1.51	8	6.47	5.01	1.29	169	2.14
Juli	6	6.45	4.35	1.48	197	2.38	14	5.61	3.69	1.52	177	1.87	10	5.70	3.73	1.53	184	1.88	6	6.91	5.26	1.31	141	1.84
August	3	5.78	3.92	1.47	164	1.76	3	5.43	3.91	1.39	194	1.65	3	5.39	3.54	1.52	168	1.65	2	4.66	3.49	1.34	173	1.57
September	5	5.72	4.81	1.19	142	1.66	13	5.67	4.67	1.21	189	2.03	22	5.56	4.49	1.24	241	2.63	5	5.55	4.76	1.17	208	2.39
Oktober	1	4.37	2.74	1.57	403	3.18	7	3 87	2.81	1.38	335	2.50	13	4.76	3.41	1.40	274	2.44	5	4.40	3.41	1.29	226	1.89
November	–	–	–	–	–	–	3	4.31	2.75	1.57	382	2.98	8	4.42	2.80	1.58	369	2.64	1	3.34	2.58	1.29	332	2.18
Dezember	–	–	–	–	–	–	4	4.58	3.02	1.52	357	2.98	4	3.80	2.37	1.60	260	2.72	–	–	–	–	–	–
Jahresmittel	26	6.17	4.30	1.44	202	2.42	76	5.08	3.60	1.41	258	2.49	83	5.04	3.65	1.38	241	2.21	48	5.49	4.18	1.31	229	2.32

fähigkeit an ungestörten Tagen entsprach, erklärte sich daraus, daß alle Luftkörper an dieser Gruppe gleichstarken Anteil hatten. Das Potentialgefälle war bei kleinster Windgeschwindigkeit in Übereinstimmung mit dem Überwiegen der C-Luft am kleinsten, bei größter etwas höher und bei mittlerer Stärke am größten.

Eine deutliche Änderung der Windstärke innerhalb der täglichen Meßzeit wurde nur am 6. November beobachtet. Mit dem Altern der T-Luft nahm der Wind während der 5stündigen Meßzeit von 6.8 auf 3.5 m/sec ab; die Leitfähigkeit stieg von 5.9 auf $8.0 \cdot 10^{-5}$ unter gleichzeitiger Abnahme des Gefälles von 330 auf 260 Volt/m.

Die Ordnung des Materials nach 4 Austauschgruppen sollte die Frage klären, ob ein verstärkter Austausch auf die Leitfähigkeit einwirkte, etwa durch Zufuhr von Luft aus höheren, ionenreicheren Schichten. Zur Ermittlung der Austauschgröße standen die Registrierungen der Windgeschwindigkeit auf der Beobachtungswiese und auf dem 40 m hohen Turm des Observatoriums zur Verfügung. Die Differenz beider Registrierungen wurde in die Gruppen < 1.4, 1.5 bis 2.4, 2.5 bis 3.4 und > 3.5 m/sec eingeteilt. Bei kleinster und größter Winddifferenz (Tabelle 11) fanden sich die höchsten Leitfähigkeits- und die kleinsten Gefällewerte; in den beiden Mittelgruppen war λ klein und PG groß. In den Monatswerten spiegelte sich das gleiche Ergebnis wieder. Da ein unmittelbarer Einfluß des Massenaustausches denkbar war, der bei jeder Wetterlage zum Ausdruck kommen mußte, wurden die Winddifferenzen getrennt nach kontinentalen und maritimen Luftkörpern zusammengestellt. Hierbei stellte sich eine vollständige Verwischung der obigen Ergebnisse heraus. Bei den maritimen Luftkörpern kamen Winddifferenzen unter 2.5 m/sec überhaupt nicht vor. Eine unmittelbare Einwirkung des Austausches ist also nicht vorhanden. Dagegen ergab sich, wie bei der Windstärke, ein Einfluß der Luftkörper. Der Anteil der kontinentalen Luftkörper an den Austauschgruppen nahm mit wachsendem Austausch zu, so daß Messungen der kleinsten Winddifferenz fast ausschließlich bei C- und TC-Luft, der größten bei M- und PM-Luft stattfanden; dementsprechend war λ in beiden Gruppen hoch, mit dem Maximum bei größtem Austausch. Die λ-Mittel der 2. und 3. Gruppe waren infolge häufiger Beobachtungen bei I- und X-Luft klein. Das Potentialgefälle verhielt sich spiegelbildlich zur Leitfähigkeit.

Über den Einfluß des Windes auf die luftelektrischen Elemente kann zusammenfassend gesagt werden, daß bei der Ordnung nach Windrichtungen neben dem Ursprung der Luft örtliche Einwirkungen maßgebend waren. Die Änderungen von λ und PG bei zunehmender Windstärke und wachsender Winddifferenz ließen sich im wesentlichen auf Luftkörpereinwirkungen zurückführen.

Eine Ordnung des Materials nach Luftdrucktendenz und Bodentemperatur brachte keine Ergebnisse.

b) Gestörte Tage.

1. Wolkeneinfluß.

Die für die Zusammenstellungen im vorigen Kapitel nicht verwendeten Stcu- (Witterungs-Charakter 4) und St-Tage (W. Ch. 5) ergaben, wie aus Tabelle 12 ersichtlich, kleinere Leitfähigkeitswerte als an ungestörten Tagen. Bei den großen Schwankungen der Leitfähigkeit an gestörten Tagen und der nicht genügenden Zahl der Beobachtungen (insgesamt 52 Tagesmittel), war nicht zu entscheiden, ob tatsächlich die Leitfähigkeit beim Witterungs-Charakter 5 etwas

Tabelle 11

Austausch und luftelektrische Elemente

Monat	0—1.4 m/sec						1.5—2.4 m/sec						2.5—3.4 m/sec						> 3.5 m/sec					
	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
Januar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4.24	2.86	1.49	274	2.16	4	5.34	3.04	1.56	258	2.04
Februar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4.16	3.02	1.38	466	3.62	1	4.61	3.48	1.34	419	3.62
März	8	6.76	4.44	1.53	288	3.46	5	4.78	3.06	1.56	388	3.07	—	—	—	—	—	—	3	4.69	3.29	1.42	303	2.61
April	4	6.52	4.38	1.49	272	3.30	—	—	—	—	—	—	4	5.34	3.14	1.70	359	3.41	11	5.95	4.34	1.37	354	3.30
Mai	5	5.55	3.70	1.50	284	2.90	6	5.86	4.28	1.37	252	2.83	5	4.46	3.39	1.32	252	2.21	10	4.50	3.58	1.26	195	1.74
Juni	4	4.94	3.59	1.36	204	1.91	7	4.13	2.92	1.41	238	1.82	2	4.70	3.23	1.45	225	1.98	11	6.57	5.06	1.30	157	2.00
Juli	9	6.37	4.15	1.53	182	2.11	8	5.51	3.73	1.48	182	1.90	3	5.74	3.68	1.56	174	1.49	14	6.04	4.38	1.38	171	1.92
August	1	6.21	3.88	1.60	177	1.99	4	3.87	1.43	1.53	153	1.59	1	5.74	3.66	1.57	190	1.98	5	5.10	3.52	1.45	170	1.62
September	10	5.46	4.46	1.21	174	1.85	5	5.59	4.60	1.21	178	1.80	16	4.94	4.16	1.18	248	2.43	18	5.31	4.57	1.16	205	2.20
Oktober	3	4.70	2.86	1.52	372	2.98	3	3.90	2.50	1.34	342	2.56	8	4.83	3.60	1.38	174	1.50	7	5.31	3.51	1.51	254	2.43
November	—	—	—	—	—	—	3	4.31	2.75	1.59	382	2.98	3	4.50	2.80	1.61	318	2.55	5	4.58	2.81	1.60	334	2.70
Dezember	1	4.21	2.66	1.58	343	2.62	2	5.54	3.78	1.51	342	2.56	3	4.22	2.68	1.59	346	2.65	1	3.85	2.48	1.55	363	2.56
Jahresmittel	45	5.85	4.06	1.44	229	2.53	43	5.07	3.56	1.42	252	2.31	50	4.82	3.54	1.36	260	2.49	90	5.34	3.99	1.33	224	2.21

größer als beim W. Ch. 4 war. In der Erniedrigung der q_λ-Werte mit zunehmender Bewölkungsmenge war dagegen der Wolkeneinfluß klar erkennbar. Die Potentialgefällewerte wichen, entgegen den sonstigen Potsdamer Beobachtungen, nicht sehr vom Mittel der ungestörten Tage ab. Der Strom war kleiner als an klaren Tagen, jedoch unterschieden sich Witterungs-Charakter 4 und 5 nicht.

Tabelle 12

Vierteljahresmittel der luftelektrischen Elemente an bedeckten Tagen.

Jahreszeit	Witterungs-Charakter 4							Witterungs-Charakter 5						
	z	λ'_+	λ'_-	Λ'	q_λ	PG	i'	z	λ'_+	λ'_-	Λ'	q_λ	PG	i'
März—Mai	3	5.90	4.60	10.50	1.28	267	2 92	4	3 91	2.90	6.81	1.33	269	2.23
Juni—August	3	3.94	3.08	7.20	1.29	174	1.41	2	6 22	4 18	10 40	1.52	186	2.16
September—November	6	3.59	2.68	6.27	1.35	272	1.38	17	4 25	3.38	7 63	1.26	237	1.78
Dezember—Februar	4	3.06	1.86	4.92	1.66	402	2.14	13	3.48	2.46	5.94	1.41	306	2.14
Jahresmittel	16	3.95	2.91	6.86	1.38	284	1.94	36	4.05	3,04	7.09	1.35	265	1.98

Eine Störung der Leitfähigkeit machte sich während des Vorüberzugs einzelner, großer Stratocumuli bemerkbar. Kähler[17]) hatte durch Raumladungsmessungen gezeigt, daß tiefliegende Wolken Ladungen mitführen, die bis zum Erdboden reichen. G. Schultz (l. c. Seite 7) fand an Stcu-Tagen ein starkes Schwanken der Zahl der leichten Ionen. Nach meinen Messungen bewirkte das Herannahen solcher Wolke meist eine Erhöhung der Gesamtleitfähigkeit, an die bald das positive, bald das negative Vorzeichen besonderen Anteil hatte; q_λ war dabei stets kleiner als vor dem Auftreten des Stcu. Der Verlauf von q_λ war bei meist über eins liegenden Werten ruhig; nur bei Werten unter eins schwankte es stärker. Der Rückgang der q_λ-Werte deutete darauf hin, daß die Stcu-Wolken eine negative Ladung mit sich führten.

Mehrfach konnte das Verhalten der Leitfähigkeit bei aufziehender Stcu- oder St-Decke verfolgt werden. Bei Annäherung eines geschlossenen Wolkenfeldes stieg λ_+, während λ_- zurückging. Sobald mehr als $^8/_{10}$ des Himmels bedeckt waren, wurde λ_+ rasch kleiner; λ_- änderte sich nur wenig.

Rasche Bewölkungsabnahme ließ λ_+ unregelmäßig steigen; λ_- nahm erst ab, um dann langsam größer zu werden; q_λ nahm im ganzen zu.

2. Nebel und Dunst.

Die Messungen bei Nebel wurden in Tabelle 13 zusammengestellt. Sie enthält die Leitfähigkeitswerte bei $\equiv^0$, $\equiv^1$, $\equiv^2$ und nässendem Nebel, dazu Angaben über das Datum und die Meßzeit. Da sehr viele Messungen bei $\equiv^0$ vorhanden waren, wurden nur die Dezembermessungen herangezogen; die anderen Monate brachten durchaus gleichartige Werte.

Mit stärker werdendem Nebel nahm die Leitfähigkeit wegen der fortschreitenden Molesierung der leichten Ionen mehr und mehr ab. q_λ war, entgegen den Erwartungen, bei $\equiv^0$ am größten, bei $\equiv^2$ am kleinsten. Dies läßt sich nur durch einen, mit stärker werdendem Nebel wachsenden Anteil der Großionen, vor allem der negativen, an der Leitfähigkeit erklären. Das würde

[17]) K. Kähler, Met. Zeitschr. **39**, 293, 1922.

Tabelle 13
Nebel und luftelektrische Elemente

Datum	Zeit	λ'_+	λ'_-	q_λ	PG	i'
			$\equiv^0$			
5. Dezember	11–12	3.41	2.78	1 23	286	1.97
	12–13	3.53	2.28	1.55	368	2.38
6. Dezember	10–11	2.98	1.42	2 05	391	1.91
	11–12	3.28	1.68	1.96	352	2.33
	13–14	4.16	2.20	1.89	338	2.39
11. Dezember	15–16	3.26	1.97	1 66	363	2.11
	16–17	2.33	1.64	1.42	423	1.86
13. Dezember	11–12	4.21	2.66	1.58	343	2.86
	12–13	3.79	2.75	1.38	315	2.30
14. Dezember	10–11	2.56	1.88	1.36	225	1.12
	11–12	2.51	1.81	1.39	297	1.42
15. Dezember	14–15	4.27	2.27	1.88	400	1.91
	15–16	3.85	2.48	1.55	363	2.56
Gesamtmittel		3.40	2.14	1.59	343	2.14
			$\equiv^1$			
14. November	12–13	1.78	1.34	1.33	515	1.79
	13–14	1.63	1.37	1.19	403	1.34
15. November	11–12	1.18	0.87	1.36	628	1.43
	12–13	1.16	0.89	1.30	566	1.29
20. November	16–17	2.59	1.65	1.50	463	2.18
	17–18	2.99	1.82	1.64	538	2.87
	20–21	2.59	1.64	1.58	378	1.78
22. November	14–15	2.41	1.29	1.87	480	1.97
24. November	15–16	2.57	1.26	2.04	585	2.48
21. Dezember	14–15	2.98	2.25	1.33	286	1.66
28. Dezember	12–13	2.00	1.56	1.34	—	—
Gesamtmittel		2.17	1.45	1.50	484	1.88
			$\equiv^2$			
14. November	10–11	1.33	1.00	1.33	516	1.34
	11–12	1.40	1.07	1.30	497	1.36
20. November	16—17	2.47	1.65	1.50	463	2.18
24. November	11–12	0.86	0.66	1.30	860	1.45
	12–13	1.36	0.94	1.45	732	1.87
Gesamtmittel		1.48	1.06	1.40	614	1.64
			$\equiv$			
2. März	11–12	2.14	2.44	0.88	246	1.25
	12–13	3.19	2.70	1.18	291	1.90
	13–14	3.03	2.89	1.05	172	1.13
	16–17	4.46	3.10	1.44	272	2.28
	17–18	4.66	3.58	1.30	285	2.61
12. Oktober	10–11	3.32	2.54	1.31	—	—
	11–12	3.23	2.38	1.36	—	—
16. November	11–12	2.59	2.11	1.23	146	0.76
22. November	9–10	1.95	1.47	1.33	406	1.54
	10–11	1.86	1.58	1.18	345	1.32
	11–12	1.74	1.73	1.00	—	—
Gesamtmittel		2.86	2.36	1.21	270	1.60

mit dem von G. Schultz (l. c. Seite 7) bei $\equiv^2$ festgestellten starken Rückgang der leichten Ionen in Einklang stehen. Das Potentialgefälle ging auch bei Nebel deutlich invers zu λ, es wuchs mit Verdichtung des Nebels. Der Strom nahm wie λ gleichmäßig ab.

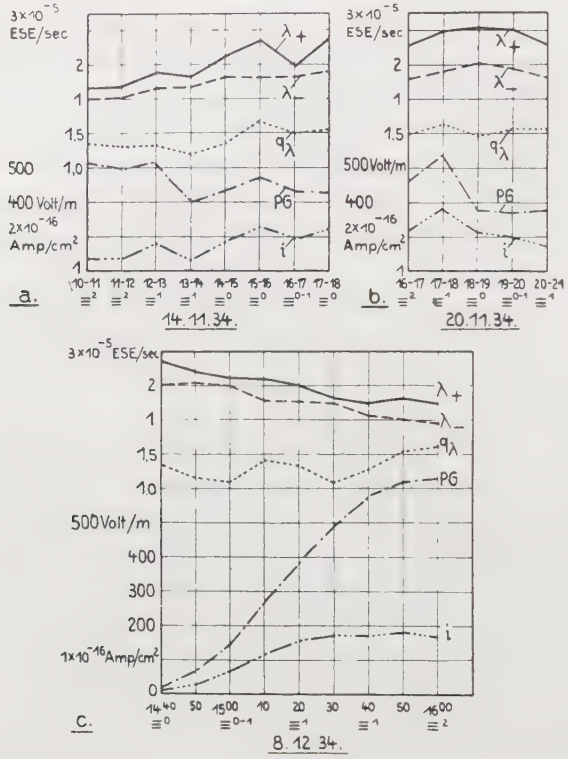

Abb. 10a–c.

Luftelektrische Elemente bei wechselnder Nebelstärke.

Änderungen der Leitfähigkeit im Laufe eines Tages bei zu- oder abnehmendem Nebel wurden in den Abbildungen 10a—c dargestellt. Am 14. November begann die Messung bei $\equiv^2$ mit einer Gesamtleitfähigkeit von $2.34 \cdot 10^{-5}$; nach 7 Stunden wurde nur noch $\equiv^0$ notiert, Λ erreichte den Wert 4.77. q_λ war unruhig und nahm im Laufe der Meßzeit zu. PG wurde kleiner, i größer. Am 20. November verstärkte sich der Nebel nach vorübergehendem Rückgang erneut, so daß die Leitfähigkeit nach einem Anstieg wieder abnahm. Nicht ganz so deutlich reagierte das Gefälle. Eine sehr schnelle Verdichtung des Nebels wurde am 8. Dezember aufgenommen; beide Leitfähigkeiten nahmen beträchtlich ab, PG und i wurden größer. Das Ziehen der Nebelschwaden über den Meßplatz, das immer bei rasch zu- oder abnehmendem Nebel auftrat und besonders auf die Einzelmessungen wirkte, ließ auch am 8. Dezember q_λ stark schwanken. Bei gleichbleibender Nebelstärke war dagegen die Amplitude von λ_+, λ_- und q_λ weit geringer als selbst an ungestörten Tagen. Die kleinen Leitfähigkeitswerte und das von eins wenig verschiedene q_λ bei nässendem Nebel deuteten schon auf die Verhältnisse hin, die sich bei Sprühregen fanden (vergl. Tabelle 15).

Tabelle 14

Dunst und luftelektrische Elemente

∞^1

Datum	Zeit	W. Ch.	λ'_+	λ'_-	p_λ	PG	i'
26. Februar	12–13	5	4.80	3.86	1.24	170	1.64
24. März	14–15	3	5.94	4.17	1.43	231	2.60
5. April	14–15	4	3.85	2.90	1.33	223	1.67
21. Juli	16–17	1	5.70	3.56	1.60	160	1.64
26. Juli	16–17	4	3.91	3.25	1.20	134	1.07
8. September	15–16	1	3.68	3.02	1.22	336	2.50
	16–17	1	3.90	3.17	1.23	286	2.24
	17–18	1	4.73	3.08	1.53	291	2.53
13. September	17–18	2	7.27	4.00	1.74	291	3.65
	18–19	2	7.47	3.97	1.88	315	4.00
17. September	12–13	1	5.53	4.70	1.18	138	1.56
	13–14	1	5.66	4.71	1.20	163	1.88
	14–15	1	5.64	4.78	1.18	169	1.96
	15–16	1	5.85	4.70	1.21	148	1.74
20. September	10–11	5	6.53	6.22	1.05	212	3.00
	11–12	5	4.60	4.09	1.13	180	1.74
	12–13	5	3.60	3.03	1.19	303	2.23
23. Oktober	10–11	3	4.00	2.89	1.38	325	2.49
	12–13	3	2.85	2.10	1.36	395	2.17
	13–14	3	2.82	1.96	1.44	349	1.85
5. November	16–17	1	5.11	3.03	1.62	296	2.68
	17–18	1	5.30	3.55	1.49	314	3.09
8. November	13–14	5	4.93	2.71	2.06	302	2.56
	14–15	5	2.75	2.15	1.28	314	1.71
10. November	12–13	3	3.63	2.74	1.32	370	2.62
	13–14	3	4.04	2.40	1.69	403	2.88
	16–17	3	2.50	1.89	1.32	285	1.39
Mittel der ungestörten Tage			4 82	3.34	1.44	277	2.86
Mittel der bedeckten Tage			4.37	3.53	1.24	269	1.95
Gesamtmittel			4.69	3.43	1.37	274	2.26

∞^2

24. Februar	17–18	1	2.82	1.71	1.65	–	–
	18–19	1	3.06	1.69	1.81	–	–
	19–20	1	2.66	1.52	1.75	–	–
31. März	13–14	1	3.11	2.26	1.38	355	2.11
	14–15	1	3.04	2.18	1.40	355	2.06
17. April	10–11	1	2.14	1.76	1.18	443	1.92
	11–12	1	2.40	2.19	1.10	388	1.90
17. September	16–17	1	5.85	4.75	1.25	154	1.82
	17–18	1	6.04	5.30	1.14	109	1.37
	18–19	1	5.22	4.57	1.14	137	1.50
28. September	10–11	1	2.65	1 92	1.39	376	1.91
	11–12	1	3.28	2.58	1.27	318	2.42
23. Oktober	13–14	5	2.82	1.96	1.44	349	1.85
	14–15	5	2.38	1.62	1.48	428	1.91
	15–16	5	2.24	1.49	1.50	375	1.55
	16–17	5	2.12	1.55	1.37	440	1.80
25. Oktober	17–18	1	3.67	2.35	1.56	321	2.15
	18–19	1	3.88	2.15	1.80	372	2.50
	19–20	1	4.22	2.50	1.69	366	2.74
11. Dezember	13–14	3	3.96	1.83	2.16	272	1.75
	14–15	3	3.02	1.83	1.71	401	2.16
Gesamtmittel			3.46	2.37	1.46	331	1.97

Änderungen der Stärke des Dunstes wirkten auf die Leitfähigkeit in gleicher Weise wie die des Nebels. In der Tabelle 14 sind die Messungen für mittelstarken (∞^1) und starken Dunst (∞^2) aufgeschrieben. Neben dem Datum und der Meßzeit wurde zur Darstellung der Bewölkungsverhältnisse der Witterungscharakter (vergl. Seite 10) angegeben. Bei ∞^2 waren die Leitfähigkeits- und Stromwerte kleiner als bei ∞^1, dagegen war das Gefälle höher; q_λ wurde größer, da zunehmender Dunst vor allem die Beweglichkeit der negativen Träger herabsetzte. Eine Trennung der Leitfähigkeit bei ∞^1 nach ungestörten Tagen (W. Ch. 1 bis 3) und trüben Tagen (W. Ch. 4 und 5) ließ wieder den Wolkeneinfluß hervortreten: Die Gesamtleitfähigkeit war an bedeckten Tagen kleiner als an klaren, jedoch war $\lambda-$ an bedeckten Tagen größer; q_λ war also kleiner. Auch für den Strom war an den kleinen i-Werten der bedeckten Tage die Einwirkung tiefer Wolken erkennbar.

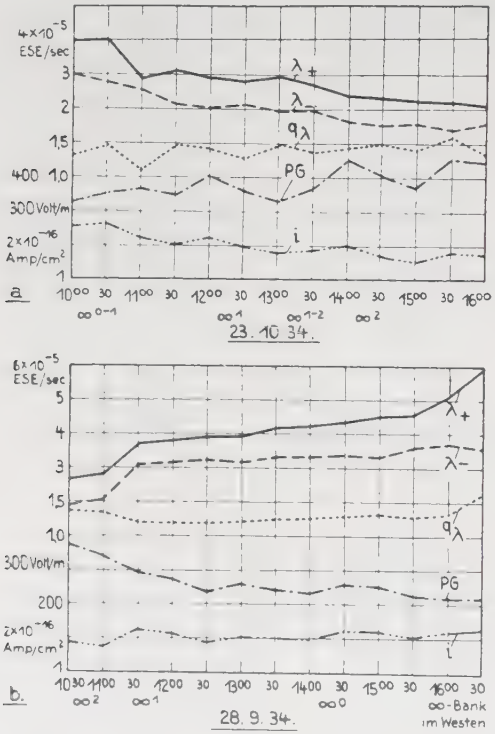

Abb. 11a–b.
Luftelektrische Elemente bei wechselnder Dunststärke.

Daß der Rückgang der Leitfähigkeit mit wachsendem Dunst nicht nur ein Ergebnis der Statistik war, sondern sich auch im Einzelfall zeigte, geht aus der Abbildung 11a hervor. Am 23. Oktober verstärkte sich der Dunst im Laufe des Tages wesentlich. $\lambda+$ und $\lambda-$ gingen zurück. q_λ schwankte recht heftig, das Gefälle nahm unregelmäßig zu, der Strom ab. Die Wirkung abnehmenden Dunstes auf die luftelektrischen Elemente stellt Abbildung 11b dar. In dem Maße wie die Lufttrübung nachließ, stiegen beide Leitfähigkeiten; gleichzeitig wurde das Gefälle kleiner, während der Strom langsam anstieg. Die q_λ-Kurve ist in ihrem ruhigen Verlauf charakteristisch für abnehmenden Dunst; erst mit

Bildung einer Dunstbank im Westen des Meßplatzes wurde q_λ unruhiger. Auch bei anhaltendem Dunst war q_λ unruhig, wurde jedoch nie kleiner als 1.

3. Niederschlagsmessungen.

Für das Meßjahr lagen 38 Beobachtungen der Leitfähigkeit bei Niederschlägen vor, die in Tabelle 15, nach Form und Stärke der Niederschläge getrennt, zusammengestellt wurden. Darin bedeutet z die Zahl der Messungen; in der letzten Spalte wurde das Vorzeichen des Potentialgradienten angegeben. Die Messungen erfolgten im allgemeinen nur mit einem Kondensator, der zum Schutz gegen den Regen ein Schutzrohr trug; $\lambda+$ und $\lambda-$ wurden also nacheinander bestimmt.

Vor Beginn des Regens entsprach die Leitfähigkeit dem Mittel der bedeckten Tage, doch überwog das positive Vorzeichen stark. Ruhig fallende Regentropfen änderten die Leitfähigkeit nicht sehr, doch war q_λ nur wenig von eins verschieden. Bei Regentropfen nach Regenböen war das Erdfeld stärker gestört: Die Leitfähigkeit nahm hohe Werte an, $\lambda-$ überwog $\lambda+$ um 25 %. Gingen die Regentropfen in Sprühregen über, so wurden beide Leitfähigkeiten kleiner, q_λ lag nahe bei 1. Kurz andauernde Regenschauer veränderten die Leitfähigkeit beträchtlich; $\lambda+$ wurde sehr klein, $\lambda-$, das meist um 50 % überwog, war groß. In einem Falle war allerdings $q > 1$. In ruhig fallendem Landregen ergaben sich für beide Vorzeichen hohe Werte, q_λ entsprach dem Stand bei Sprühregen. Eine Verstärkung des Regens zu ▨[1] brachte etwas höhere Absolutwerte. Messungen bei ▨[2] waren nicht möglich, weil dann der Elektrometerfaden heftig auf- und abtanzte. Die Ursache hierfür könnten verschieden geladene, sich rasch abwechselnde Ionenböen sein. Jedoch wäre auch daran zu denken, daß feine Wassertröpfchen vom Saugstrom mitgerissen wurden und im elektrischen Feld des Kondensators ähnliche Störungen verursachten wie die feinen Staubteilchen (vergl. S. 6).

Die Messungen kurz nach Aufhören des Regens wurden nach Art der vorangegangenen Niederschläge unterteilt. Nach Regentropfen war die Leitfähigkeit nicht verschieden von der vorher. Nach schwachen Regenfällen war der elektrische Zustand der Atmosphäre stärker gestört: die Leitfähigkeitswerte waren hoch; q_λ schwankte beträchtlich. Am längsten dauerte es nach starkem Regen, ehe eine Beruhigung eingetreten war; bei hohen Absolutwerten von $\lambda+$ und $\lambda-$ blieb q_λ deutlich unter 1.

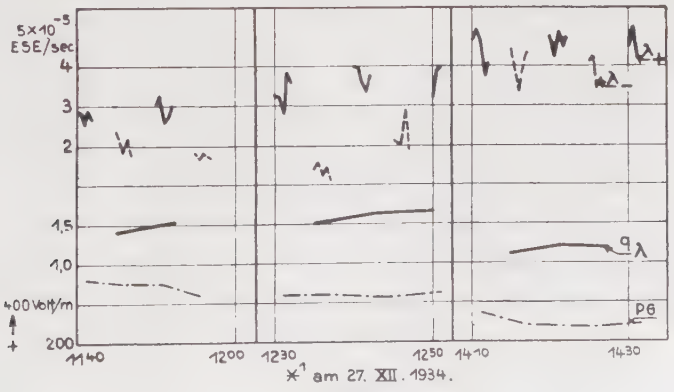

Abb. 12.
Leitfähigkeit und Potentialgefälle bei Schneefall.

Tabelle 15

Leitfähigkeitsmessungen bei Niederschlägen

Nr.	λ'_+	λ'_-	Λ'	q_λ	z	Datum	Zeit	Wetter		PG
						I. Vor Beginn des Regens				
1	4.70	2.78	7.48	1.90	3	14. 3. 34	$14^{3}/_{4}$	Cu, Stcu 9¹(9)	WSW 3	+
2	4.33	3.18	7.51	1.40	3	19. 10. 34	$11^{1}/_{4}$	St 10¹(10) ≡⁰	WSW 3	+
	4.51	2.98	7.49	1.65						
						II. Regentropfen				
3	4.91	4.46	9.37	1.21	3	16. 10. 34	$13^{1}/_{2}$	Stcu 10¹(10)	NW 2–3	+
4	3.65	4.39	8.04	0.83	5	19. 10. 34	$11^{1}/_{2}$	Nbst 10¹(10) ≡⁰	WSW 3	–
5	3.94	3.18	7.12	1.23	2	19. 10. 34	$12^{1}/_{2}$	Nbst 10¹(10) ≡⁰	WSW 3	+
6	6.82	6.25	13.07	1.09	3	7. 11. 34	15^{00}	Nbst, Frst 10¹(10)	SW 4	+
7	2.42	2.22	4.64	1.09	3	16 11. 34	$15^{3}/_{4}$	Nbst, Frst 10¹(10) ≡⁰	NNE 1–2	+
8	3.83	2.57	6.40	1.50	3	5. 12. 34	$15^{3}/_{4}$	Stcu, St 10¹(10)	SW 2	+
9	4.05	2.22	6.27	1.81	2	5. 12 34	$16^{1}/_{2}$	Stcu, St 10¹(10)	SW 2	+
10	4.42	3.81	8.23	1.16	3	12. 12. 34	$11^{1}/_{2}$	Nbst, Frst 10¹(10)	ESE 2	+
11	4.99	4.66	9.65	1.07	3	12. 12. 34	$12^{1}/_{4}$	Nbst, Frst 10¹(10)	ESE 2	+
	4.32	3.93	8.25	1.10						
12	6.89	8.88	15.77	0.77	4	14. 3 34	$16^{1}/_{4}$	Nach Regenbö		–
13	4.80	7.20	12.01	0.67	4	17. 10. 34	$11^{3}/_{4}$			–
14	8.70	10.32	19.02	0.84	2	19 10. 34	$17^{1}/_{4}$			–
	6.17	8 30	14.47	0.75						
						III. Sprühregen				
15	3.43	4.10	7.53	0.83	2	19. 10. 34	12^{00}	Nbst 10¹(10) ≡⁰	WSW 3	–
16	3.32	2.54	5.86	1.31	2	12. 10. 34	$10^{1}/_{4}$	Nbst 10¹(10) ≡⁰	W 4	+
17	2.62	2.56	5.18	1.02	4	16. 11. 34	$15^{1}/_{2}$	Nbst 10¹(10) ≡⁰	NNE 1–2	+
	3.00	2.77	5.77	1.08						
						IV. Schwacher Regen [◍⁰]				
						1. Kurze Regenschauer				
18	2 20	6.52	8.70	0.34	4	17. 10. 34	11^{00}	Nbst 10¹(10)	WSW 3	–
19	3.94	3.19	7.13	1.24	1	19. 10. 34	$12^{1}/_{4}$	Nbst 10 (10) ≡⁰	WSW 3	+
20	3.42	11.93	15.35	0.28	2	19. 10. 34	17^{00}	Nbst 10¹(10) ≡⁰	W 2–3	–
	2.65	6.87	9.52	0 38						
						2. Landregen				
21	8.45	8.65	17.08	0.98	3	3. 12. 34	$15^{1}/_{2}$	Nbst, Frst 10¹(10)	WSW 4	+
22	7.29	5.47	12.76	1.34	2	3. 12. 34	$16^{1}/_{2}$			
23	6.64	5.96	12.60	1.11	4	3. 12. 34	18^{00}			
	7.39	6.82	14.21	1.08						
						V. Starker Regen [◍¹]				
24	1.21	7.88	9.09	0.15	2	19. 10. 34	$16^{3}/_{4}$	Nbst, Stcu 10¹(10)	W 3	-
25	7.33	13.55	20.88	0.54	8	31. 10. 34	$17^{1}/_{2}$	Nbst 10¹(10)	S 2–3	–
	6.65	12.41	19.06	0.51						
						VI. Nach Beendigung des Regens				
						1. Nach Regentropfen				
26	5.30	3.15	8.45	1.68	3	19. 10. 34	15^{00}	Stcu St 10¹(10)	W 2–3	+
27	3.10	2.82	5.92	1.14	3	23. 11. 34	$14^{3}/_{4}$	Stcu 10¹(10)	W 3	+
28	2.46	2.03	4.49	1.21	3	8. 12. 34	$14^{1}/_{2}$	St 10¹(10)	SSE 1	+
	3.62	2.70	6.32	1.34						
						2. Nach schwachem Regen				
29	9.06	4.94	14.00	1.88	3	14. 3. 34	$15^{1}/_{2}$	Stcu, Cu, Frcu 6¹(6)	W 2	+
30	4.96	5.12	10.08	0.97	3	25. 9. 34	$10^{3}/_{4}$	Acu, Ci 8¹(5)	W 4–5	+
	7.01	5.03	12.04	1.42						

Nr.	λ'_+	λ'_-	Λ'	q_λ	z	Datum	Zeit	Wetter	PG
						3. Nach starkem Regen			
31	8.70	9.86	18.56	0.88	2	19. 10. 34	$17^1/_4$	Stcu, St 10^1(10) W 2—3	–
						VII. Schneefall			
32	2.83	1.88	4.71	1 50	2	27. 12. 34	$11^3/_4$	St 10^1(10) E 2—3 *¹	+
33	3.57	2.27	5.84	1.57	3	27. 12. 34	$12^1/_2$	feine spitze, stark wäßrige *fl	+
34	4.56	3.62	8.18	1.26	3	27. 12. 34	$14^1/_2$		+
35	2.77	1.80	4.57	1.53	3	10. 1. 35	$13^1/_2$	St 10^1(10) SW 1—2 *⁰	+
36	2.97	1.73	4.70	1.70	3	10. 1. 35	$14^1/_4$	trockene *fl	+
37	2.72	1.63	4.35	1.68	3	30. 1. 35	14^{00}	St, Stcu 10^1(10) NW 3—4 *⁰	+
38	2.60	2.30	4.90	1.13	3	30. 1. 35	$14^3/_4$	meist kleine, nasse *fl	+
	3.07	2.18	5 25	1.48					

Bei Schneefall war die Leitfähigkeit klein, im Mittel überwog λ_+ um 50 %. Die Schwankungen waren auch im Einzelfall, wie aus Abbildung 12 hervorgeht, für beide Vorzeichen nur gering.

Eine Erklärung zu geben für das wechselnde Verhalten der Leitfähigkeit bei Niederschlägen ist nicht leicht. Bei Regentropfen und Sprühregen dürften im wesentlichen die mit den tiefen Wolken ziehenden stärkeren negativen Ladungen die Leitfähigkeit beeinflußt haben. Im Zusammenhang mit der durch Auswaschung bewirkten Reinheit der Luft mußte q_λ klein sein. Die hohen Leitfähigkeitswerte bei ruhigem Landregen standen im Widerspruch zu der Vorstellung von der Vernichtung von Jonen aller Beweglichkeiten durch den Regen. Die Annahme, daß sie sich, wie immer, sofort wieder neu bildeten, befriedigte nicht. Wahrscheinlich entstanden durch den Niederschlagsprozeß selbst leichte Jonen. Jedoch erklärten sich die hohen Leitfähigkeitswerte nicht nur aus der Zahl der neugebildeten Träger, sondern auch aus deren Beweglichkeit, die bei ◍⁰ gegen den Normalwert um 50 % erhöht war (vergl. S. 55).

Während geringer Regenfälle war das Potentialgefälle meist schwach positiv; bei der Leitfähigkeit überwog dann das positive Vorzeichen. Kehrte das Gefälle, wie einmal bei Sprühregen, sowie nach den Regenböen vom 14. März, 17. und 19. Oktober, sein Vorzeichen um, so überwog bei der Leitfähigkeit das negative Vorzeichen um so stärker, je mehr das Gefälle negativ war. Auch während der kurzen Schauer und bei ◍¹ war λ_- meist erheblich größer als λ_+. Es ließ sich nicht entscheiden, ob das Überwiegen der negativen Leitfähigkeit in diesem Ausmaße reell war. Eine Fehlermöglichkeit läge in der bei negativem Potentialgefälle positiven Aufladung des Drahtnetzes über dem luftelektrischen Laboratorium und des Auffatzstutzens des Kondensators; die positiven Träger werden abgestoßen, die negativen angezogen, so daß wenig positive und viel negative in den Kondensator gelangen. Der ganze Effekt läßt sich jedoch kaum aus dieser Bevorzugung der negativen Träger erklären. In der Hauptsache dürfte die Elektrisierung, die sich auch auf die leichten Jonen erstreckt, durch Influenzvorgänge an den Niederschlägen selbst eintreten, wie es schon Elster und Geitel[18]) vermuteten. Ferner ist sicher bei stärkerem Regen am Boden die Lenardwirkung in Betracht zu ziehen, da die Tropfen auf das Dach des Laboratoriums aufprallen; die Anreicherung der Luft mit negativen Trägern wird dann unmittelbar über dem Dach, in Höhe der Einsaugöffnung des Kondensators, besonders stark sein.

[18]) J. Elster und H. Geitel, Wiedemanns Annalen **25**, 1913, 1885. Phys. Zeitschr. **14**, 1387, 1913.

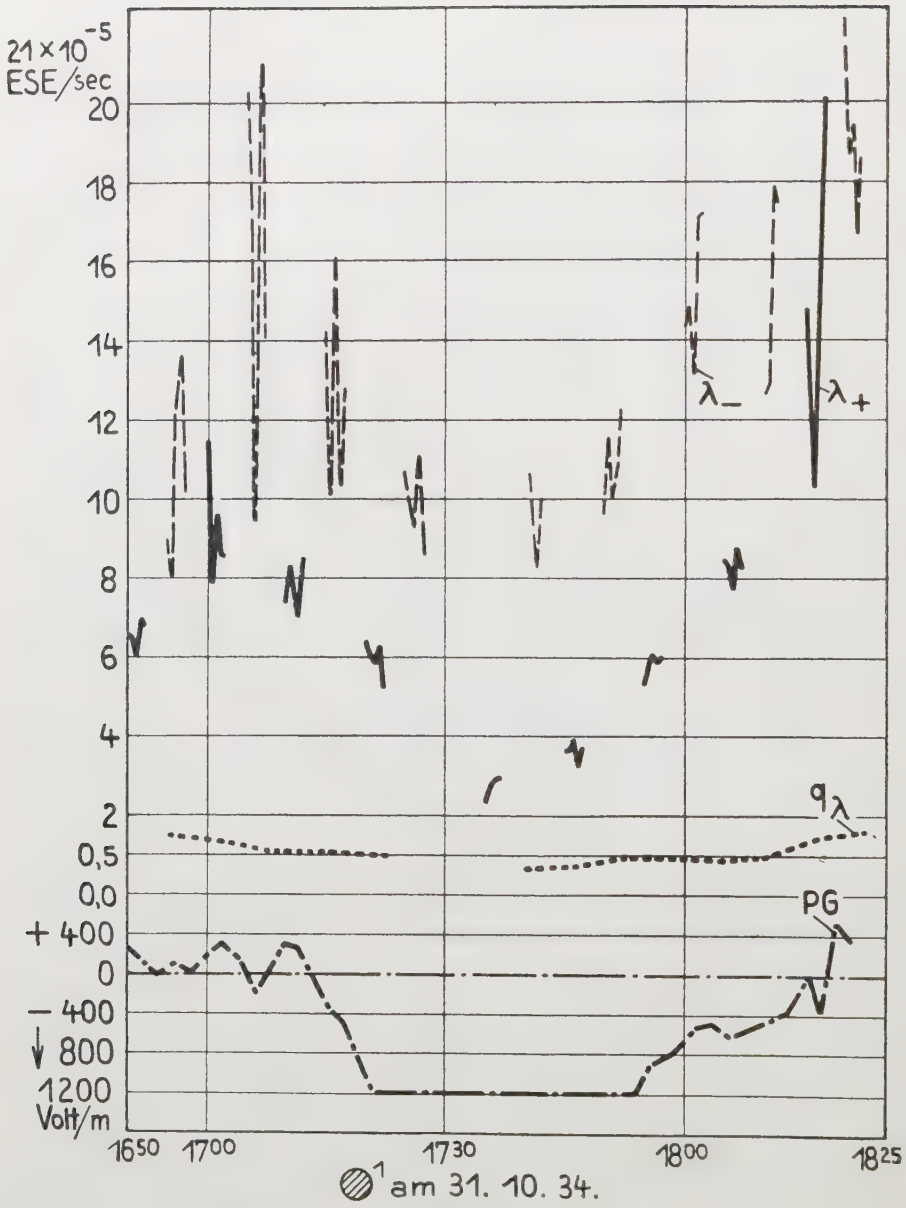

Abb. 13.

Leitfähigkeit und Potentialgefälle bei Regen.

Der Zusammenhang zwischen Potentialgefälle und Leitfähigkeit bei starkem Regen geht aus der Abbildung 13 hervor, in der die Messungen vom 31. Oktober dargestellt wurden. Nach anfangs hohen Werten wurde λ_+ mit Beginn der großen negativen Zacke im Gefälle ständig kleiner; wahrscheinlich fielen höchstes negatives Gefälle und kleinste positive Leitfähigkeit zusammen. (Die höchsten Potentialgefällewerte konnten nicht genau festgestellt werden, da die Empfindlichkeit der Benndorf-Registrierung vom Turm des Observatoriums für die hohen Feldstärken zu groß war und die unempfindlichere Registrierung im luftelektrischen Laboratorium nicht arbeitete, weil während der Leitfähigkeitsmessung der Kollektor abgenommen war. Das PG erreichte sicher Werte über —1200 Volt/m.) Wie λ_+ nahm auch λ_- ab, doch blieb q_λ stets weit unter 1. Die Schwankungen der negativen Leitfähigkeit waren größer als die der positiven; sie wurden besonders stark, wenn das Erdfeld sein Vorzeichen wechselte. Wahrscheinlich folgten sich dann starke, verschieden geladene Ionenböen in kürzester Zeit. Die Trägheit der Apparatur verhinderte ihren Nachweis beim Potentialgradienten. Ob Ionenverteilung oder Potentialgefälle das Primäre war, konnte aus dieser Darstellung noch nicht entschieden werden, doch stieg λ_-, also die Zahl der negativen leichten Ionen vor Beginn der negativen Zacke im PG. Mit den Ergebnissen Kählers,[19]) der für Regenböen hohe Zahlen für alle negativen Ionen erhielt, sind die vorliegenden Messungen im Einklang. Bei Landregen ergaben sich jedoch dort Zahlen für die leichten Ionen, die zur Erklärung der gefundenen hohen Leitfähigkeiten nicht ausreichten. Diese scheinbare Unstimmigkeit wird dadurch geklärt, daß die bei Regen erhöhten Beweglichkeiten — wie gezeigt wurde — in gewissem Umfang zu den hohen Leitfähigkeitswerten beitragen.

Die Messungen nach Beendigung des Regens bestätigten, daß bei Regentropfen oder Sprühregen die mit der abregnenden Wolke wandernden Ladungen die Leitfähigkeit beeinflussen: Sofort mit dem Abzug der Wolke war auch der Effekt verschwunden. Anders nach schwächerem oder stärkerem Regen. Die aus dem Niederschlagsprozeß entstandenen Ionen, sowie deren hohe Beweglichkeit, verhinderten zunächst noch eine Rückkehr zu normalen Verhältnissen.

Das starke Überwiegen von λ_+ bei Schneefall läßt sich am ehesten mit der Wilsonschen[20]) Hypothese über die Ionenadsorbtion an Niederschlagsteilchen erklären: die neutralen Schneeflocken fallen durch die mit Ionen angefüllte Atmosphäre und nehmen dabei vorzugsweise die negativen Träger auf. Eine Ausdehnung dieser Anschauung auf die Vorgänge bei Regen war nicht statthaft, da sich hier meist ein $q_\lambda > 1$ ergab.

4. Böen und Gewitter.

In ähnlicher Weise wie Regenböen waren Böen luftelektrisch wirksam, die keinen oder erst in einiger Entfernung vom Meßplatz Regen brachten. Bei allen Böen und Ferngewittern konnten positive und negative Leitfähigkeit streng gleichzeitig gemessen werden.

---

[19]) K. Kähler, Gerl. Beiträge z. Geophys. **27**, 226, 1930.

[20]) C. T. R. Wilson, Journ. of the Franklin Institute, 1929, Vol. 208, p. 1.

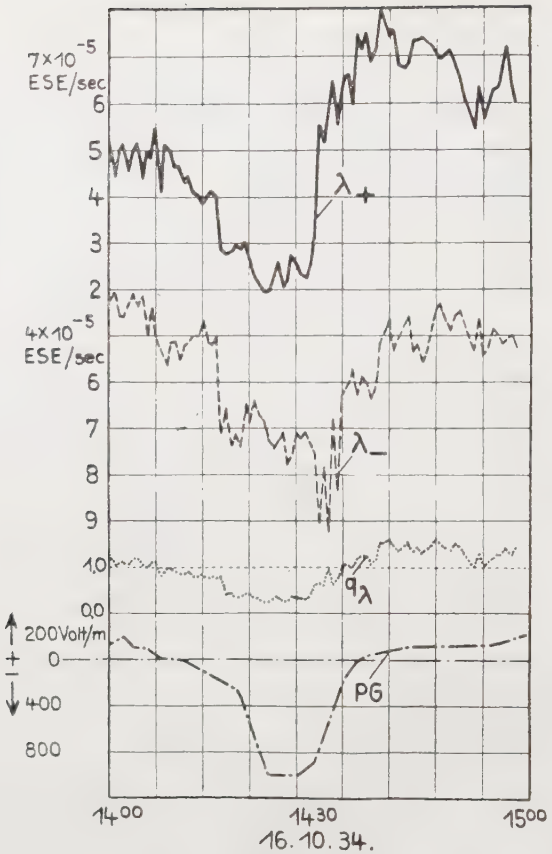

Abb. 14.

Leitfähigkeit und Potentialgefälle bei Fallstreifen.

Am 16. Oktober gelangen Leitfähigkeitsbeobachtungen bei Fallstreifen aus einer westlich vom Meßplatz gelegenen Stcu-Wolke (Abbildung 14). Das Abregnen dauerte von 14.20 bis 14.30 Uhr. In dieser Zeit bildete sich im Gefälle eine negative Zacke mit Höchstwerten über 1200 Volt/m. $\lambda-$ nahm sprunghaft zu, $\lambda+$ wurde innerhalb von 30 Sekunden erheblich kleiner. Nach Beendigung der Fallstreifen gingen die hohen $\lambda-$-Werte zurück, $\lambda+$ schnellte innerhalb einer Minute um das 2½fache seines Tiefstwertes empor. Der Überschuß der negativen über die positive Leitfähigkeit blieb bestehen, bis das Gefälle wieder positiv war. Einige Minuten, bevor PG negativ wurde, sank q_λ unter 1 und erreichte Werte über 1, ehe PG positiv geworden war. Wenn auch die Trägheit der Apparatur ein Nachhinken der Aufzeichnungen des Gefälles hinter den schnellen Feldschwankungen bewirkte, so scheint doch die Ionenverteilung das Primäre zu sein, da alle übrigen Messungen bei Böen und Gewittern diese Beobachtung bestätigten.

Am 6. Oktober zog ein Cunb südlich vom Meßplatz vorbei (Abbildung 15). Auch an diesem Tage ging q_λ v o r jedem Vorzeichenwechsel des Erdfeldes über die Grenze 1.0. Die Leitfähigkeit verhielt sich wie bei der Bö vom 16. Oktober. Die positive Zacke des Gefälles war weniger aus einer starken Ver-

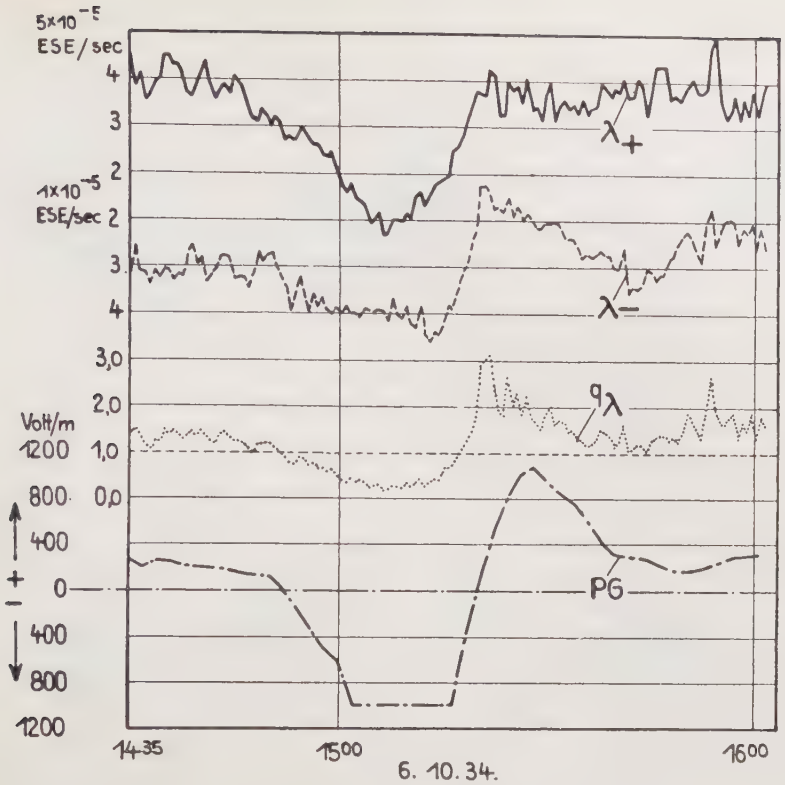

Abb. 15.
Leitfähigkeit und Potentialgefälle bei regenloser Bö.

mehrung der positiven Träger — $\lambda+$ war ebenso groß wie zu Beginn der Messung, wo das Gefälle klein war — als aus dem scharfen Rückgang der Zahl der negativen Träger zu erklären, der q_λ auf etwa 3.0 anwachsen ließ. Der Höchstwert des PG war gegen den von q_λ um einige Minuten verspätet, was ebenfalls ein Zeichen für die Rückwirkung der Ionenverteilung auf das Gefälle ist.

Die Messungen während zweier Ferngewitter (Abbildungen 16 und 17) ließen ganz ähnliche Beziehungen zwischen Leitfähigkeit und Potentialgradient erkennen. Negative Zacken im PG brachten hohe Werte für $\lambda-$, sehr kleine für $\lambda+$. Mit positiven Zacken im Gefälle gingen immer besonders starke Erhöhungen von q_λ parallel; im Einzelfall am 14. August erreichte q_λ den Wert 8.0.

Beim Nahgewitter vom 4. Oktober (Abbildung 18), bei dem wegen des Regens $\lambda+$ und $\lambda-$ nacheinander gemessen wurden, fielen die außerordentlich großen Schwankungen der Leitfähigkeit auf, die viel stärker waren als bei Böen und Ferngewittern; so betrug die Differenz zweier benachbarter $\lambda-$-Messungen $18 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec. Soweit aus den nacheinander vorgenommenen Messungen geschlossen werden durfte, war die negative Leitfähigkeit bei negativem Gefälle stark begünstigt, während bei positivem Gefälle $\lambda-$ relativ klein, $\lambda+$ dagegen wenig verändert war. Die von einem Nahgewitter verursachten Veränderungen der Leitfähigkeit waren stets so stark, daß sie noch Stunden nach Abzug des Gewitters andauerten.

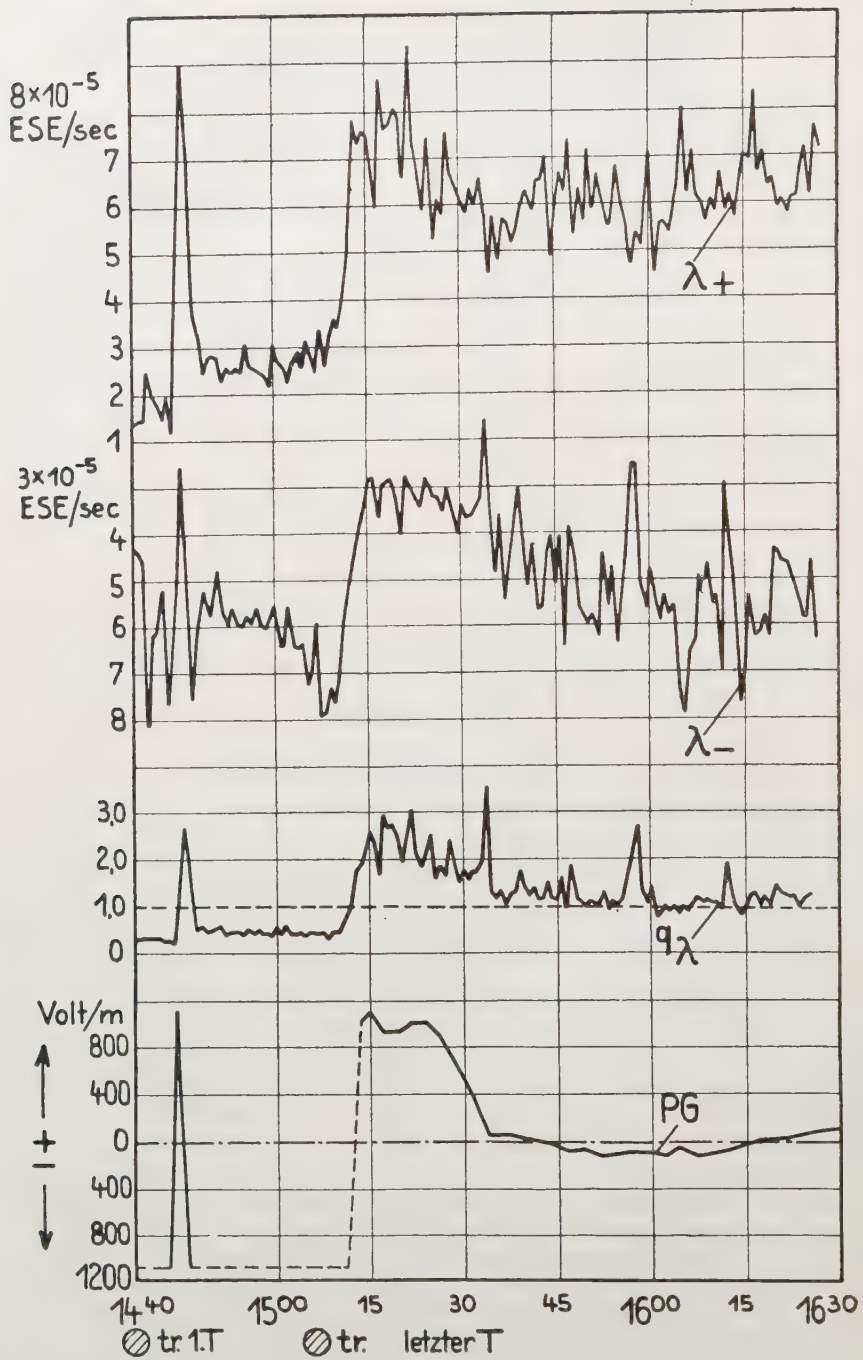

Abb. 16.
Leitfähigkeit und Potentialgefälle während des Ferngewitters vom 7. 5. 34.

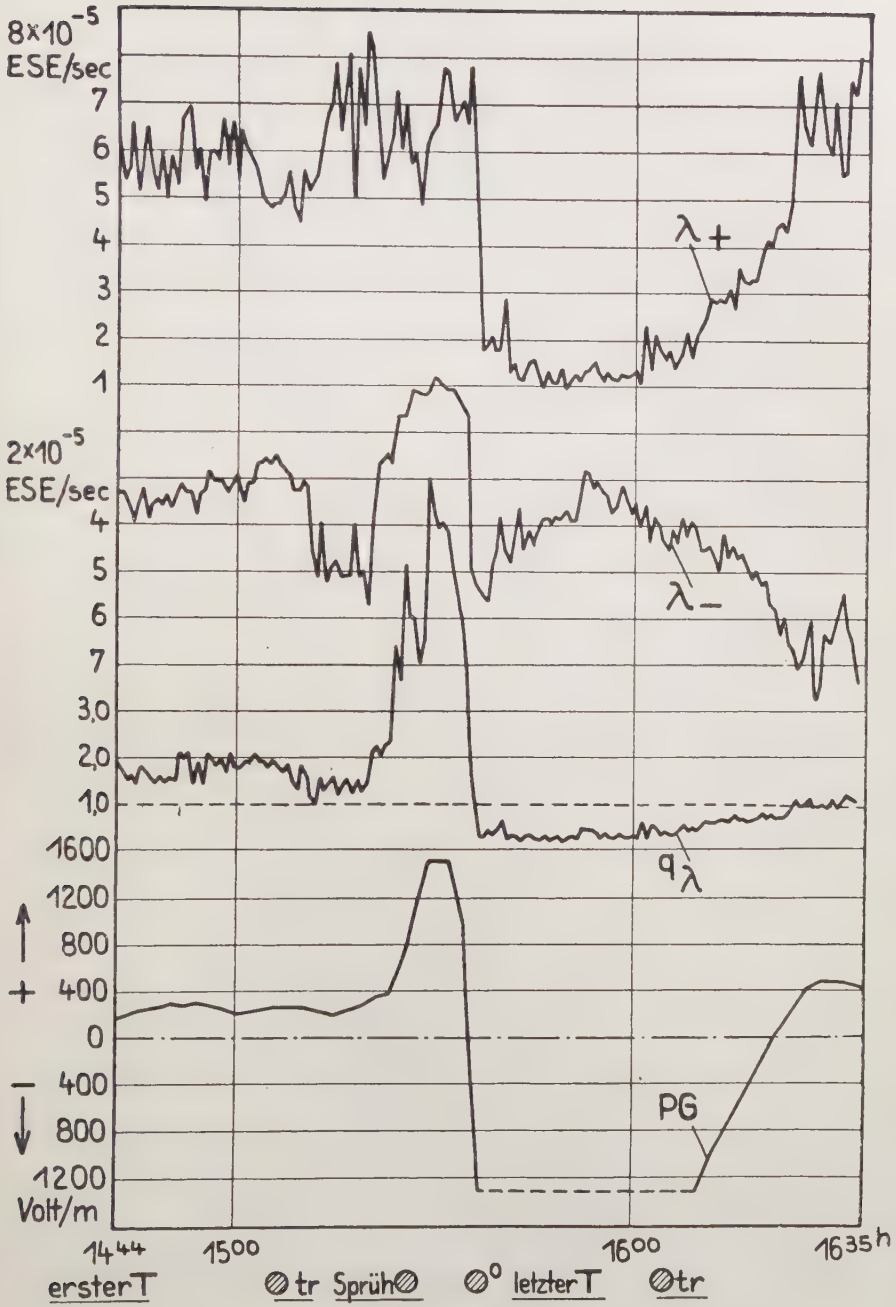

Abb. 17.

Leitfähigkeit und Potentialgefälle während des Ferngewitters vom 14. 8. 34.

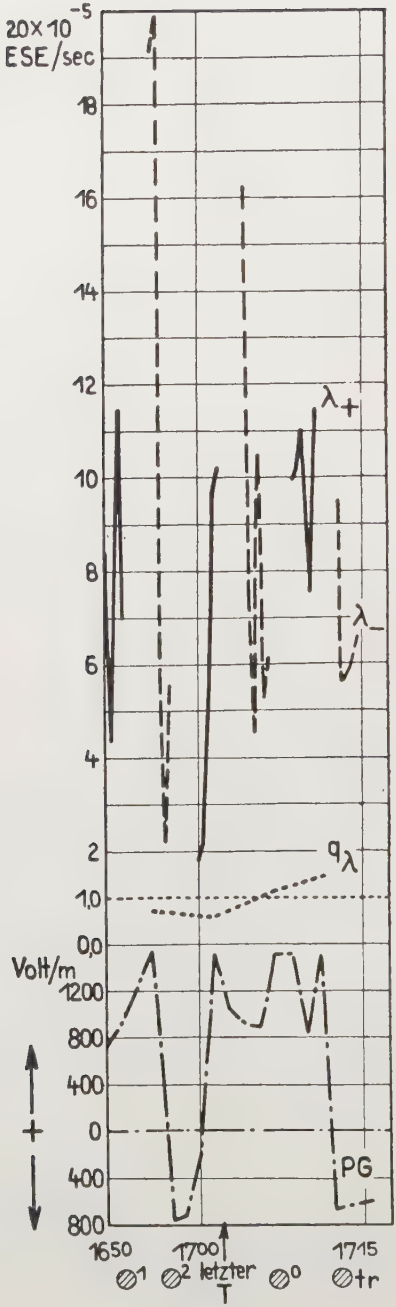

Abb. 18.
Leitfähigkeit und Potentialgefälle während des Nahgewitters vom 4. 10. 34.

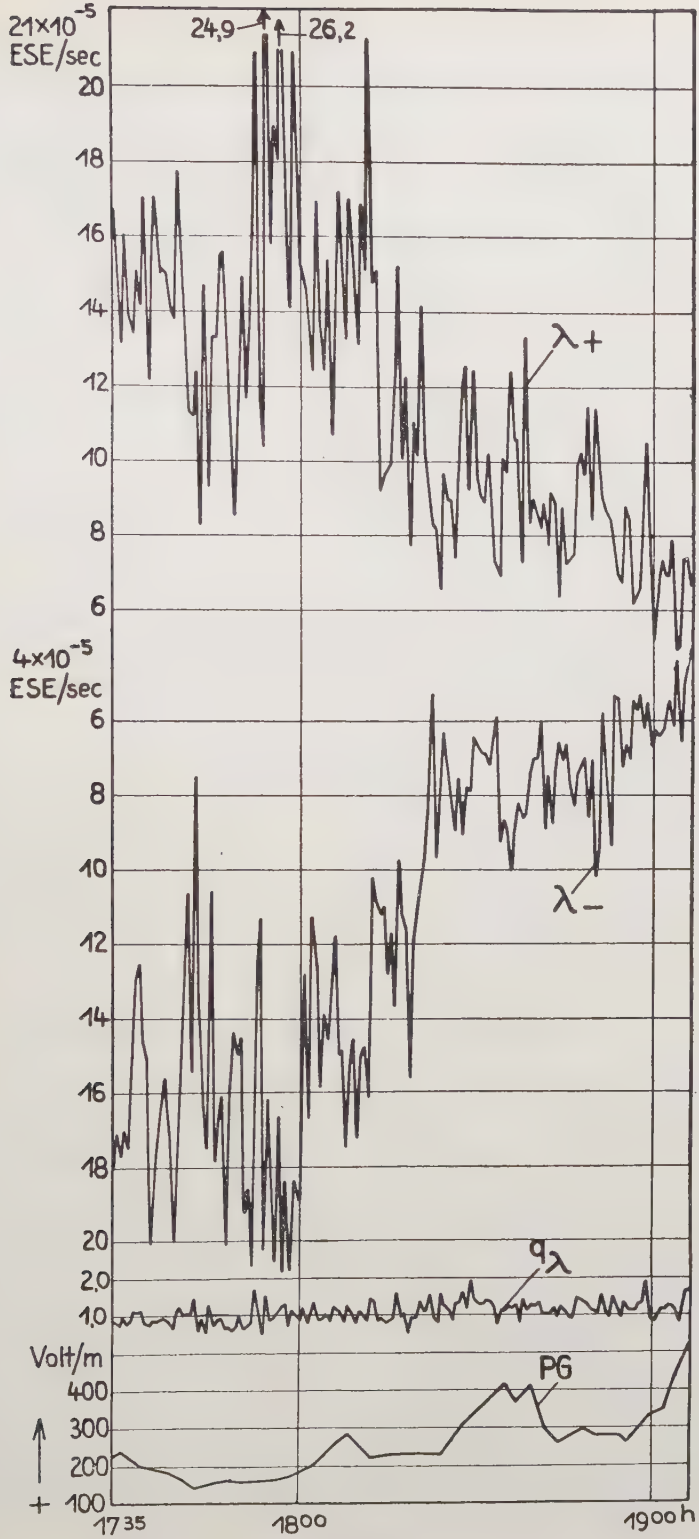

Abb. 19.
Leitfähigkeit und Potentialgefälle nach dem Nahgewitter vom 3. 5. 34.

In der Abbildung 19 sind die streng gleichzeitigen Messungen von λ_+ und λ_- dargestellt, die am 3. Mai sofort nach Beendigung des Gewitterregens vorgenommen worden waren. Zu Beginn der Messungen waren positive und negative Leitfähigkeit sehr hoch, die Einzelmessungen schwankten beträchtlich. Mit zunehmender Entfernung des Gewitters wurde die Leitfähigkeit kleiner; der Übergang zu niedrigeren Werten vollzog sich sprunghaft in mehreren, gut sichtbaren Stufen. Zugleich verringerten sich die Schwankungen. Erst zwei Stunden nach dem letzten Donner war eine Beruhigung eingetreten, doch waren die λ_--Werte noch recht hoch. q_λ war während der ganzen Messung unruhig. Eine Beziehung zwischen λ und PG war insofern erkennbar, als einem Anstieg des Gefälles eine schnelle Abnahme der negativen Leitfähigkeit voranging.

Im ganzen gesehen, unterschied sich die Leitfähigkeit bei Böen und Gewittern nicht. Je näher der Störungsherd am Meßplatz vorbeizog, um so stärker beeinflußte er die Leitfähigkeit und um so länger dauerte nach seinem Abzug die Rückkehr normaler Leitfähigkeitverhältnisse.

Es ist versucht worden, Leitfähigkeitmessungen zur Gewitterprognose zu verwenden. Gockel[21]) fand bei Zerstreuungsmessungen in der Schweiz am Vormittag des Gewittertages ein gegen den Vortag um 50 % erhöhtes λ. Budig[22]) und Markgraf (l. c. Seite 2), die das langjährige Potsdamer Registriermaterial daraufhin prüften, fanden, daß die Leitfähigkeitswerte an Gewittervormittagen sich nicht merklich von denen anderer Tage unterschieden. Auch für das Innsbrucker Mittelgebirge konnten Heß und Kosmath[23]) keine Gesetzmäßigkeit finden.

Meine Messungen brachten am Vormittag eines Gewittertages (3. Mai) höhere Leitfähigkeit als am Vortage; bis zum Ausbruch des Gewitters ging die Gesamtleitfähigkeit von 10.7 auf $8.7 \cdot 10^{-5}$ zurück, obwohl die Bewölkung (Ci, Cist 2^0) sich nicht änderte. Der Rückgang der Gesamtleitfähigkeit ging fast ganz auf Kosten von λ_+, so daß sich q_λ von 1.53 auf 1.28 verminderte. Auch an anderen Tagen mit Wärmegewittern war ein ähnliches Verhalten der Leitfähigkeit zu bemerken; jedoch waren die Messungen nicht zahlreich genug, um eine Regel aufstellen zu können. Die Tage mit Frontgewittern waren luftelektrisch gestört; sie konnten für diese Untersuchung nicht benutzt werden.

III. Leitfähigkeit, leichte Ionen und Kernzahlen.

a) Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und leichten Ionen.

Vom September bis Dezember 1934 wurden Vergleichsmessungen zwischen der Leitfähigkeit und der Anzahl der leichten Ionen (Grenzbeweglichkeit 1.0) durchgeführt. Die Messungen der positiven und negativen Ionen geschahen streng gleichzeitig; wie zur Messung der Leitfähigkeit wurde die Aufladem ethode benutzt. Die Anzahl der positiven leichten Ionen (n_+) wurde mit dem Kondensator A (Spannung 160.8 Volt, Sauggeschwindigkeit 61.6 cm/sec), die Anzahl der negativen (n_-) mit dem Kondensator B (144.8 Volt bei gleicher Sauggeschwindigkeit) gemessen. Jede aus 15 bis 18 Einzelmessungen bestehende, 10 Minuten dauernde Ionenzählung war eingerahmt von zwei ebenso langen Leitfähigkeitsmessungen, deren Mittel mit dem der Ionenzahlen verglichen wurde.

[21]) A. Gockel, Das Wetter 32, 121, 1915.
[22]) W. Budig, Tätigkeitsbericht d. Preuß. Met. Inst. 1915, Seite (17).
[23]) V. F. Heß und W. Kosmath, Gerlands Beitr. z. Geoph. 36, 493, 1932.

Tabelle 16

Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und leichten Ionen

September 1934

Tage	Zeit	W. Eh.	λ'_+	λ'_-	q_λ	n_+	n_-	q_n
13.	17^{00}	2 ∞^1	5.65	3.41	1.68	117	69	1.70
14.	17^{00}	2	5.93	5.44	1.09	112	86	1.30
15.	$10^1/_4$	1 ∞^0	3.57	3.21	1.11	94	88	1.07
	$12^1/_4$	2 ∞^0	3.32	3.15	1.06	67	55	1.46
17.	$11^1/_4$	2 ∞^1	5.72	4.77	1.20	90	63	1 43
	$12^3/_4$	1 ∞^1	5.52	4.73	1.17	95	65	1.46
	$14^1/_4$	2 ∞^1	5.64	4.78	1.18	90	63	1.43
	$16^3/_4$	6 ∞^2	5.85	4.75	1.25	102	63	1,62
	$18^1/_4$	6 ∞^2	5.22	4.57	1.14	104	76	1.37
	$19^3/_4$	1 ∞	6.11	5.39	1.14	92	70	1.31
	$21^3/_4$	1	5.98	5.16	1.16	94	71	1.32
	$23^1/_4$	1	5.11	3.86	1.32	77	53	1,45
	$0^3/_4$	1	4.51	3.56	1.27	77	54	1.43
	$2^3/_4$	1	4.90	4.25	1.07	74	47	1.58
	$4^1/_4$	1	4.70	3.36	1.40	64	41	1.58
	$5^3/_4$	1	4.07	3.02	1.35	75	53	1.31
	$7^3/_4$	1	4.47	3.25	1.38	85	55	1.52
19.	$16^1/_2$	1 ∞^0	5.71	4.59	1.23	94	70	1.34
	$17^1/_4$	1 ∞^0	5.62	4.48	1.26	82	68	1.21
20.	$10^3/_4$	5 ∞^1	6.53	6.22	1.05	97	64	1.51
	12^{00}	5 ∞^1	3.60	3.03	1.19	62	59	1.05
24	$10^1/_2$	3	4.13	3.23	1.26	64	49	1.30
	$16^1/_2$	4	3.20	2.81	1.14	63	46	1.37
25.	$11^1/_4$	3	4.84	4.87	1.00	90	107	0.85
	16^{00}	3	5.16	4.36	1.19	109	70	1.56
27.	10^{00}	5	4.20	2.94	1.43	78	58	1.34
	$15^1/_2$	5	5.67	4,44	1.28	102	66	1.54
	$16^3/_4$	5	6.14	3.76	1.63	104	51	2.03
28.	$11^1/_4$	6 ∞^2	3.28	2.58	1.27	64	58	1.10
	$12^3/_4$	1 ∞^{0-1}	3.86	3.20	1.21	70	62	1.12
	$14^3/_4$	1 ∞^0	4.44	3.40	1.31	78	52	1.50
	$16^1/_4$	1 ∞^0	5.11	3.77	1.37	77	58	1.31
29.	$15^1/_4$	1 ∞^0	6.13	4,63	1.32	112	72	1.56
	$16^3/_4$	1 ∞^0	6.10	4.39	1.39	118	70	1.68
		Oktober						
1.	$16^3/_4$	4 $\equiv^0$	3.78	2.21	1.71	97	35	2.76
2.	$11^1/_4$	2 ∞^0	4.32	2.73	1.58	78	55	1.42
	$12^3/_4$	2 ∞	4.40	3.12	1.41	70	55	1.28
3.	$14^1/_4$	4	3.57	2.56	1.40	67	43	1.56
16.	$16^1/_4$	2	5.06	3.64	1.39	140	66	2.12
	$17^3/_4$	2	6.54	3.61	1 81	141	56	2.52
19,	$10^3/_4$	5	4.24	3.02	1.40	78	46	1.69
22.	$16^1/_4$	1	5.35	3.43	1.54	109	55	1.98
23.	$10^1/_2$	3 ∞^0	4.00	2 89	1.38	99	86	1.16
	$12^1/_4$	3 ∞^1	2.85	2.10	1 36	64	47	1.36
	$15^1/_4$	5	2.24	1.49	1.50	43	29	1,48
25.	$17^3/_4$	3 ∞^1	3.80	2.23	1.71	69	40	1.72
	$19^1/_2$	3 ∞^1	4.22	2 50	1.69	85	46	1.84
	$21^1/_4$	3 ∞	3.92	2.50	1.57	73	45	1.62
	$23^1/_4$	3	3.52	2.26	1.56	67	42	1.59
26.	$1^1/_4$	2	3.51	2.34	1.50	68	45	1.50
	$3^1/_4$	2	4.07	3.04	1.34	74	53	1.40
	$5^1/_4$	2	4.42	3.18	1.39	80	53	1.51
27.	$13^1/_2$	2	4.32	2.76	1.61	79	58	1.38

Tag	Zeit	W. Ch.	λ'_+	λ'_-	q_λ	n_+	n_-	q_n
		November						
1.	$11^1/_2$	2	4.54	3.21	1.41	112	85	1.32
3.	$13^3/_4$	2	4.25	2.62	1.62	92	41	2.25
6.	17^{00}	3	4.88	3.19	1.65	95	57	1.67
7.	$14^1/_2$	5	5.53	5.34	1.07	95	67	1.42
8.	$14^1/_2$	5 ∞¹	2.75	2 15	1.28	52	41	1.27
10.	$12^1/_2$	3 ∞¹	3.63	2.74	1.32	68	59	1.16
	$16^1/_4$	5 ∞¹	2.55	1.91	1.34	56	33	1.70
14.	$11^1/_2$	6 ≡²	1.40	1 07	1.30	27	22	1.23
	$12^1/_4$	6 ≡¹	1.78	1.34	1.33	42	30	1 40
	$13^1/_2$	6 ≡¹	1.63	1 37	1.19	42	26	1.62
	$15^1/_2$	5 ≡⁰	2.77	1.63	1.70	52	27	1.92
	16^{00}	5 ≡⁰	2.46	1.64	1.52	51	32	1.59
	17^{00}	5	2.78	1,81	1.54	54	31	1.74
15.	$11^1/_2$	6 ≡²	1.18	0 87	1.36	31	23	1.35
	$12^1/_2$	6 ≡²	1.16	0.89	1.30	31	23	1.35
	$13^1/_2$	6 ≡¹	0.99	0.91	1.09	27	24	1.13
16.	$11^1/_2$	5 ≡⁰	2.59	2.11	1.23	55	37	1.48
	$15^1/_2$	6 ◍ tr.	2.42	2.22	1.09	55	37	1.48
17.	$11^1/_4$	5 ≡⁰	2.06	1.75	1.18	47	32	1.47
20.	$16^1/_2$	5 ≡²	2.59	1.65	1.50	39	29	1.34
	$17^3/_4$	5 ≡¹	2.99	1.82	1.64	59	32	1.84
	$18^1/_4$	5 ≡⁰	3.08	2 06	1.49	47	31	1.51
	$19^1/_4$	5 ≡⁰	3.30	2.16	1.53	60	35	1 72
	$19^3/_4$	5 ≡⁰	2.72	1.71	1.59	47	28	1.68
22.	$9^3/_4$	6 ≡⁻²	1.95	1.47	1.33	34	28	1.22
	$10^1/_4$	6 ≡⁻²	1.86	1.58	1.18	36	29	1.24
	$11^1/_4$	6 ≡⁻²	1.74	1.73	1.00	31	23	1.35
	12^{00}	6 ≡²	1.30	1.28	1.02	31	24	1.29
	13^{00}	6 ≡¹	1.84	1.60	1.15	29	24	1.20
	$14^1/_2$	6 ≡¹	2.41	1.29	1.89	49	24	2.04
	$15^3/_4$	5 ≡⁰	2.81	1.59	1.77	53	27	1.98
23.	15^{00}	5 ≡⁰	2.76	2.56	1.08	52	32	1.68
	$16^1/_4$	5 ≡¹	1.94	1.58	1.23	43	32	1.34
	$17^1/_2$	5 ≡⁰	1.97	1.05	1.88	43	24	1.80
24.	$11^1/_2$	6 ≡²	0.86	0.66	1.30	22	17	1.29
	$15^1/_4$	6 ≡¹	2.57	1.26	2.04	49	26	1 88
27.	15^{00}	5	3.78	2.93	1.29	72	46	1.56
30.	16^{00}	4	4.76	2.52	1.89	110	69	1 59
	$16^3/_4$	4	4.25	2.15	1.98	101	48	2.10
	$18^1/_2$	4	4.22	2.27	1.86	84	40	2.11
		Dezember						
1.	$12^1/_2$	2	5.43	3.76	1.44	116	91	1.27
5.	13^{00}	4 ≡⁰	3.60	2.16	1.67	63	36	1.76
6.	$10^3/_4$	4 ≡⁰	2.98	1.42	2 05	55	28	1.98
7.	12^{00}	5 ≡¹	1.91	1.18	1.62	37	22	1.68
11.	$14^1/_2$	3 ∞¹	3.02	1.83	1.71	56	37	1.52
	$15^1/_2$	3 ≡⁰	3.26	1.97	1.66	56	39	1.44
12.	$11^3/_4$	5 ≡⁰	4.42	3.81	1.16	91	68	1.34
	$12^1/_2$	5 ≡⁰	4.71	4.18	1.13	95	74	1.28
13.	$11^1/_2$	3 ∞¹	4.21	2.66	1.58	81	53	1.53
15.	15^{00}	3 ≡⁰	4.27	2.27	1 88	71	38	1 87
17.	$15^1/_2$	5 ≡⁰	5.05	3.01	1.68	92	51	1.81
	$16^1/_4$	5 ≡⁰	3.32	2.34	1.42	79	30	2.62
20.	$13^1/_2$	4 ≡¹	1.96	1.10	1.75	38	24	1.58
	$16^1/_4$	4 ≡¹	1.42	1 14	1.25	28	21	1.33
21.	$14^1/_2$	6 ≡¹	2.98	2.25	1.33	61	42	1 45
27.	$12^1/_2$	6 ✳¹	3.57	2.27	1.57	57	33	1.73
28.	12^{00}	6 ≡¹	2.17	1.78	1.22	40	32	1.25
29.	$11^3/_4$	5 ≡⁰	2.93	2.51	1.17	58	38	1.52

In der Tabelle 16 sind alle Vergleichsmessungen zwischen λ und n zusammengestellt. Jeder Messung wurde das Datum, die Zeit, sowie Angaben über das Wetter beigefügt. Das Mittel aller 111 Messungen ergab $n_+ = 70$, $n_- = 48$, $n_+/n_- = q_n = 1.46$. An ungestörten Tagen (W. Ch. 1 bis 3) war $n_+ = 87$, $n_- = 60$ und $q_n = 1.45$. Die kleinen Absolutwerte erklärten sich aus dem in beiden Kondensatoren an der Eintrittsstelle der Jonen vorhandenen Gegenfeld, das nach Messungen von Scholz (l. c. S. 2 Anm. 12) bei der benutzten Außenspannung 40 % der Jonen nicht in den Kondensator gelangen ließ. Vergleichsmessungen mit halber Spannung und halber Durchsauggeschwindigkeit ergaben gleiche Jonenzahlen. Die höhere Sauggeschwindigkeit — und damit die höhere Spannung — wurde gewählt, um der Windböigkeit entgegenzuwirken. Das Gegenfeld verhinderte auch die Messung mittlerer Jonen nach der Auflademethode. Einige Versuche ergaben beim Einstellen kleinerer Grenzbeweglichkeiten bis zu 0.2 cm/sec : Volt/cm niedrigere Jonenzahlen als bei der Beweglichkeit 1.0 der leichten Jonen.

Tabelle 17

Leitfähigkeit und leichte Jonen

	z	n_+	n_-	q_n	λ'_+	λ'_-	q_λ
Witterungs-Charakter 1—3	49	87	60	1.45	4.65	3.45	1.35
Witterungs-Charakter 4	10	71	39	1.82	3.37	2.95	1.15
Witterungs-Charakter 5	31	64	43	1.49	3.43	2.50	1.39
Witterungs-Charakter 6	21	46	33	1.40	2.29	1.79	1.28
Gesamtmittel	111	70	48	1.46	3.75	2.84	1.32

Die Tabelle 17 enthält für 6 Witterungstypen Vergleichswerte zwischen der Leitfähigkeit und der Zahl der leichten Jonen. n_+ und n_- waren an ungestörten Tagen (W. Ch. 1 bis 3) am größten, bei Dunst und Nebel (W. Ch. 6) am kleinsten. Genau so verhielt sich die gleichzeitig gemessene Leitfähigkeit.

Diese auffällige Parallelität veranlaßte mich zu einer genaueren Untersuchung des Anteils der leichten Jonen an der Leitfähigkeit. λ_+ wurde in 6 Gruppen unterteilt: $< 2 \cdot 10^{-5}$, 2—3, 3—4, 4—5, 5—6, 6—7 und $> 7 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec. Alle einer dieser Gruppen angehörenden λ_+-Werte wurden gemittelt, ebenso die dazu gehörenden n_+-Werte, so daß jede Gruppe dargestellt wurde durch einen Mittelwert von λ_+ und einen von n_+. Genau so wurden negative Leitfähigkeit und negative Jonen bearbeitet. Die erhaltenen Mittelwerte bringt Tabelle 18. Unabhängig von der Witterung, entsprach sowohl im Gesamtmittel als auch im Monatsdurchschnitt eine höhere Leitfähigkeit einer höheren Jonenzahl. Positive und negative Jonen verhielten sich dabei verschieden, wie aus Abbildung 20 hervorgeht. Hierin wurde für das Gesamtmittel die Jonenzahlen als Ordinaten, die Leitfähigkeitswerte als Abszissen aufgetragen. Die Abhängigkeit der positiven Leitfähigkeit von n_+ (Kurve I) war vollkommen linear, d. h. der prozentuale Anteil von n_+ an λ_+ war stets der gleiche. Anders bei der Kurve II, mit der die Abhängigkeit der negativen Leitfähigkeit von n_- dargestellt wurde. Sie verlief in ihrem ersten Teil ungefähr parallel zur Kurve I: der Anteil der negativen Jonen war bis etwa zur Leitfähigkeit $3.3 \cdot 10^{-5}$ ebenso groß wie der von n_+ an λ_+. Dann knickte die Kurve ab, der prozentuale Anteil von n_- an λ_- wurde kleiner. Das bedeutet, daß der Prozentsatz der negativen mittleren und schweren Jonen bei hoher Leitfähigkeit größer als bei niedriger war; der Übergang vollzog sich wahrscheinlich sprunghaft bei einer Leitfähigkeit von $3.3 \cdot 10^{-5}$. Bei der positiven Leitfähigkeit blieb der Prozentsatz der mittleren und schweren Jonen bei jeder Größe von λ_+ gleich.

Tabelle 18

Leitfähigkeit und leichte Jonen

September						Oktober						November						Dezember						Gesamtmittel					
λ'_+	n_+	z	λ'_-	n_-	z	λ'_+	n_+	z	λ'_-	n_-	z	λ'_+	n_+	z	λ'_-	n_-	z	λ'_+	n_+	z	λ'_-	n_-	z	λ'_+	n_+	z	λ'_-	n_-	z
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.49	29	1	1.54	34	14	1.42	27	25	1.76	34	3	1.49	26	7	1.58	34	17	1.44	27	33
—	—	—	2.78	54	3	2.55	54	2	2.46	49	11	2.62	51	15	2.37	43	12	2.76	54	4	2.35	38	7	2.64	52	21	2.43	45	33
3.47	70	6	3.37	57	14	3.68	74	6	3.29	55	7	3.45	62	4	3.20	71	2	3.35	62	5	3.53	70	3	3.47	68	21	3.37	61	26
4.47	76	9	4.58	69	13	4.25	80	8	—	—	—	4.48	99	6	—	—	—	4.40	84	4	4.18	74	1	4.40	83	27	4.56	70	14
5.56	96	14	5.33	76	3	5.20	124	2	—	—	—	5.53	95	1	5.34	67	1	5.24	104	2	—	—	—	5.49	105	19	5.23	74	4
6.26	105	5	6.22	64	1	6.54	141	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.26	111	6	6.22	64	1

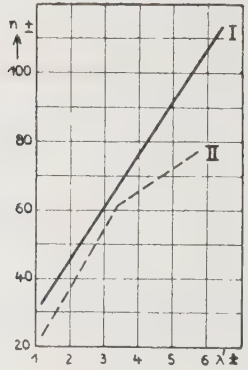

Abb. 20.

Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und leichten Jonen.

Diese Erklärung gilt streng genommen nur unter der Annahme, daß bei der Messung von n allein die leichten Jonen gezählt wurden. Die Möglichkeit, daß der höhere Anteil von n_- an der Leitfähigkeit unter 3.3 durch mitabgefangene Jonen geringerer Beweglichkeit vorgetäuscht wurde, bleibt offen. Wahrscheinlich wirkte sich jedoch dieser Fehler in gleicher Weise bei der Messung von n_+ aus; der verschiedene Verlauf beider Kurven ist also wohl reell. Gestützt wurde diese Anschauung durch die Feststellung, daß bei einer Gesamtleitfähigkeit unter $7 \cdot 10^{-5}$ q_n und q_λ nur wenig, bei einem größeren Λ aber recht stark von einander abwichen: im ersten Fall war $q_\lambda = 1.45$, $q_n = 1.55$, im zweiten war $q_\lambda = 1.34$, $q_n = 1.54$. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß für die Leitfähigkeit auch die Beweglichkeit der Jonen von Bedeutung ist. Da die Beweglichkeit negativer Jonen (k_-) meist größer als die positiver (k_+) gefunden wurde, wird q_λ überwiegend kleiner ausfallen als q_n. Wie aus der Zusammenstellung aller Jonenmessungen (Tabelle 16) hervorging, war q_λ in der Tat in 77 von 111 Fällen kleiner als q_n.

Eine exakte Bestimmung der Jonenbeweglichkeit k nach der Formel $\lambda_\pm = n_\pm \cdot \varepsilon \cdot k_\pm$ war wegen des die Jonenzählung beeinflussenden Gegenfeldes nicht möglich. Die Rechnung ergab für k mehr als das Doppelte der wirklichen Beweglichkeiten, wie aus nachstehender Aufstellung hervorgeht.

Beweglichkeit	Witterungs-Charakter			
	1—3	4	5	6
k_+	4.0	3.6	4.0	3.7
k_-	4.3	4.4	3.7	4.1

Verwendet wurden die Mittelwerte aus der Tabelle 17. Bei jeder Wetterlage war die Beweglichkeit der negativen Träger größer als die der positiven. An Stcu-Tagen (W. Ch. 4) hatte k_+ seinen kleinsten, k_- seinen höchsten Wert. Somit erklärte sich die an Stcu-Tagen relativ hohe negative Leitfähigkeit (q_λ war stets klein) aus der besonders hohen Beweglichkeit der negativen Träger. Die hohe Leitfähigkeit bei Landregen konnte ebenfalls auf die dann stark erhöhte Beweglichkeit der leichten Jonen zurückgeführt werden. Am 3. Dezember wurden bei ◍° gemessen: $\lambda_+ = 7.29 \cdot 10^{-5}$, $n_+ = 94$, woraus sich $k_+ = 5.8$ cm/sec : Volt/cm errechnete. Für das negative Vorzeichen lauteten die Werte: $5.46 \cdot 10^{-5}$, 71, 5.8 cm/sec : Volt/cm.

An einigen Tagen wurden Parallelmessungen zwischen λ_+ (Kondensator A) und n_+ (Kondensator B), sowie zwischen λ_- und n_- ausgeführt. Das Meßschema war das gleiche wie das auf Seite 4 für die Leitfähigkeitsmessung beschriebene. Die Ergebnisse vom 13., 14. und 15. September wurden in der Abbildung 21 dargestellt. Die vorher aus Mittelwerten abgeleitete Abhängigkeit der Leitfähigkeit von den Jonenzahlen war auch in diesem Einzelfall sichtbar: das Steigen oder Fallen von λ_+ von einem Tag zum andern war in dem entsprechenden Verhalten von n_+ begründet. Dagegen war λ_- am 15. 9. gegen den Vortag stark verkleinert, ohne daß n_- in gleichem Maße abgenommen hatte. Die positive Leitfähigkeit und die positiven leichten Jonen gingen in 75 % der Fälle parallel, λ_- und n_- nur in 55 %, was wohl auf den wechselnden Anteil von n_- an der negativen Leitfähigkeit zurückzuführen ist.

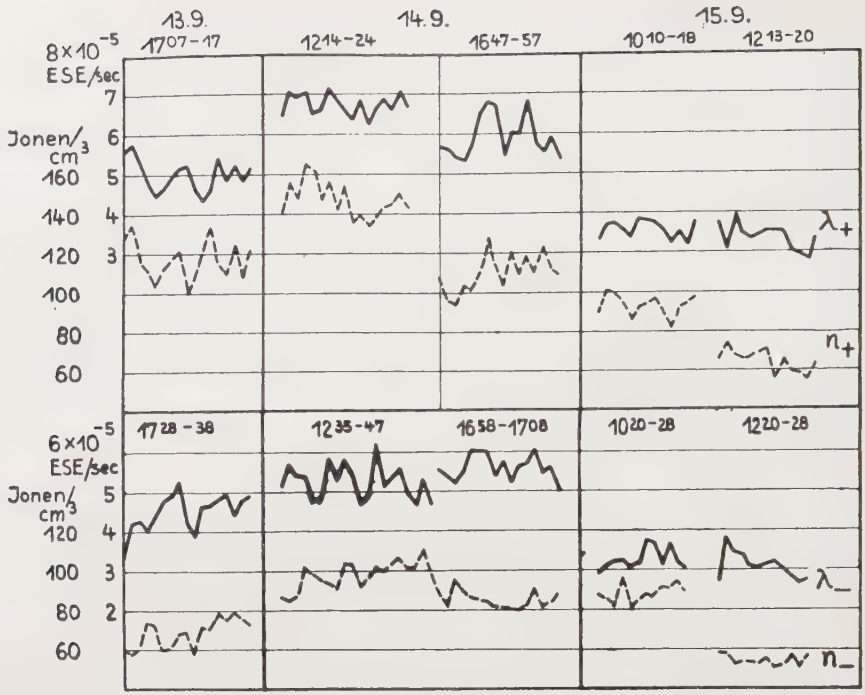

Abb. 21.

Parallelmessungen zwischen Leitfähigkeit und leichten Jonen.

b) Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und Kerngehalt.

Im Dezember 1934 wurde im Anschluß an eine Reihe von 10-Minuten-Messungen der Leitfähigkeit die Kernzahl mit einem Aitken-Kernzähler auf der Wiese des Potsdamer Meteorologischen Observatoriums gemessen. Einige Mühe bereitete der beim Dilatieren auftretende Beschlag des Zählglases: mehrfaches Anhauchen und Abreiben des Glases mit einem Tuch konnte ihn meist beseitigen. Gelegentlich mußte jedoch, nach Füllung des Rezipienten im Freien, im Zimmer gemessen werden. Zu einer Kernzahlmessung gehörten 10 Einzelbeobachtungen.

Tabelle 19

Leitfähigkeit und Kernzahl

Tag	Zeit	W. Ch.	λ'_+	λ'_-	q_λ	Z
			November			
29.	$14^1/_4$	4	4.83	2.67	1.80	7 000
	15^{00}	4	4.70	2.83	1.66	5 400
30.	$15^1/_4$	4	4.76	2.52	1.89	17 200
	17^{00}	4	4.61	2.39	1.92	8 000
	$18^3/_4$	4	3.92	1.95	2.02	11 000

Tag	Zeit	W. Ch.	λ'_+	λ'_-	q_λ	Z
		Dezember				
1.	12^{00}	1 ∞^1	5.43	3.76	1.44	9 280
	13^{00}	3	5.74	3.81	1.58	7 100
	$15^3/_4$	1 ∞^0	4.61	3.03	1.52	11 280
	$16^3/_4$	1 ∞^0	2.67	1.81	1.48	15 200
3.	$17^1/_2$	6 ◍^{0}	7.45	5.47	1.36	9 660
	18^{00}	6 Sprüh◍	6.26	5.98	1.04	18 340
5.	$11^1/_2$	4	3.41	2.78	1.23	24 800
	$12^3/_4$	4	3.53	2.28	1.54	21 750
	$14^1/_2$	6 ◍ tr.	3.45	2.19	1.58	20 800
	$15^1/_2$	6 ◍ tr.	3.91	2.77	1.49	23 150
	$16^1/_2$	5	4.05	2.22	1.83	13 500
6.	10^{00}	5 $\equiv^0$	2.98	1.42	2.05	15 100
	$11^3/_4$	4 $\equiv^0$	3,28	1.68	1.96	27 230
	14^{00}	5 $\equiv^0$	4.16	2.20	1.89	20 100
7.	$11^1/_2$	6 $\equiv^1$	1.91	1.18	1.62	35 600
	$12^1/_4$	5 $\equiv^0$	1.77	1.23	1.44	22 300
	$13^1/_2$	5 $\equiv^0$	1.76	1.43	1.23	33 200
8.	15^{00}	6 Sprüh◍	2.46	2.03	1.21	28 100
	$15^1/_2$	4 $\equiv^0$	2.13	1 56	1.36	22 500
	$15^3/_4$	4 $\equiv^0$	1.59	1,34	1.20	27 500
	$16^1/_4$	4 $\equiv^0$	1.57	1.00	1.57	36 250
11.	15^{00}	6 ∞^2	3.26	1.97	1.66	29 800
	$16^1/_4$	2 ∞^1	2.43	1 65	1.47	21 000
12.	$11^1/_2$	5 $\equiv^0$	4.42	3.81	1.16	35 000
	$12^1/_4$	6 ◍ tr.	5.02	4.66	1.07	21 000
	$12^3/_4$	5 $\equiv^0$	4.42	3.70	1.20	22 100
14.	$10^1/_2$	6 $\equiv^1$	2.54	1 91	1.32	32 630
	15^{00}	3 $\equiv^0$	2,73	2 21	1.24	22 500
	$15^1/_2$	2 $\equiv^0$	2.80	2.31	1.22	23 000
	$15^3/_4$	2 $\equiv^0$	3.18	2.17	1.46	27 500
15.	$14^1/_2$	2 $\equiv^0$	4.27	2.27	1.88	26 640
	$15^1/_2$	3 $\equiv^0$	3.85	2.48	1.55	29 880
17.	$15^1/_4$	5 ∞^1	5.12	3.12	1.64	13 820
	$15^3/_4$	5 ∞^1	4.95	2.83	1.75	14 800
	$16^1/_2$	5 $\equiv^0$	3.32	2.34	1.42	37 500
20.	$15^1/_2$	4 $\equiv^1$	1.74	1.20	1.45	26 400
	16^{00}	4 $\equiv^1$	1.67	1.18	1.42	27 000
21.	14^{00}	6 $\equiv^2$	2.98	2.25	1.33	16 500
22.	$13^1/_2$	6 $\equiv^1$	3.55	2.51	1.42	17 630
	14^{00}	5 $\equiv^0$	3.49	2.51	1.43	13 480
28.	$11^1/_2$	6 $\equiv^1$	2.18	1.84	1.19	20 200
	$12^1/_2$	6 $\equiv^1$	2.09	1.56	1.34	21 250
29.	$11^1/_4$	5 $\equiv^0$	2.93	2 51	1.17	15 200
	$12^1/_4$	5 $\equiv^0$	3.27	2.70	1.21	17 300
	$12^1/_2$	5 $\equiv^0$	3.23	2.71	1.18	24 400

Alle 50 Vergleichsmessungen sind mit Angaben über Datum, Zeit und Wetter in Tabelle 19 zusammengestellt. Das Gesamtmittel der Kernzahl war $Z = 20\,960$; an ungestörten Tagen wurden 19 340 Kerne gezählt. Die Zahl der Kerne war, wie die Tabelle 20 nachweist, vom Wetter abhängig. Die höchsten Werte wurden bei Dunst und Nebel (W. Ch. 6) erhalten.

Tabelle 20

Leitfähigkeit und Kernzahl, nach Witterungstypen

W. Ch.	m	Z	λ'_+	λ'_-	q_λ
1—3	10	19 340	3.77	2.55	1.48
4	13	20 160	3.21	1.95	1.64
5	14	21 270	3.35	2.48	1.35
6	13	22 660	3.62	2.79	1.30

Tabelle 21

Leitfähigkeit und Kernzahl, nach Kernzahlgruppen

Z	m	λ'_+	λ_-	q_λ
< 10 000	6	5.46	3.49	1.56
10—15 000	6	3.77	2.61	1.45
15—20 000	8	3.30	2.71	1.22
20—25 000	15	3.14	2.38	1.32
25—30 000	9	2.81	1.74	1.62
> 30 000	6	2.68	1.94	1.38

Ordnet man die Leitfähigkeitswerte nach 6 Gruppen der Kernzahl, so erhält man, wie aus Tabelle 21 ersichtlich ist, bei kleinster Kernzahl (< 10 000 für λ_+ und λ_- die größten, bei hohen Kernzahlen (> 20 000) die kleinsten Werte. Die Abnahme der Leitfähigkeit mit zunehmendem Kerngehalt war nach den Potsdamer Messungen während des Polarjahres 1932/33 (l. c. S. 24), die eine Abnahme der leichten Jonen mit wachsendem Kerngehalt ergaben, durchaus zu erwarten. Aber auch die Beweglichkeit der Jonen ließ mit zunehmenden Kernzahlen nach. Für 10 Termine konnten $\lambda_\pm$, $n_\pm$ und Z innerhalb einer halben Stunde gemessen werden. Dabei war die Beweglichkeit, wie die nachstehende Aufstellung zeigt, bei Kernzahlen unter 20 000 größer als bei

Z	m	k_+	k_-	n_+	n_-	λ_+	λ_-
< 20 000	5	4.0	4.7	78	41	4.15	2.56
> 20 000	5	3.9	4.1	64	39	3.35	2.14

Kernzahlen darüber. Besonders k_- war vom Kerngehalt abhängig. Trotzdem n_- sich kaum änderte, war die negative Leitfähigkeit bei Kernzahlen über 20 000 merklich kleiner als bei geringerem Kerngehalt. Der Rückgang der positiven Leitfähigkeit wurde dagegen von der Abnahme der Zahl der leichten Jonen verursacht.

Zusammenfassung.

I. Mit zwei gleichartigen Zylinderkondensatoren in Aufladeschaltung wurden ein Jahr lang streng gleichzeitige Messungen der positiven (λ_+) und negativen (λ_-) Leitfähigkeit, sowie Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und leichten Ionen ausgeführt; einige Kernzahlmessungen kamen hinzu.

Die Meßerfahrungen mit der Apparatur wurden mitgeteilt. Ein Einfluß der Wirbelbildung in den Kondensatoren auf die Zahl der leichten Ionen war bis zu der Durchsauggeschwindigkeit von 1 m/sec nicht nachweisbar. Es wurde gezeigt, daß sich keinerlei künstliche Ionisierungsquellen (Folgeprodukte des zur Bestimmung des Potentialgefälles dienenden radioaktiven Kollektors), welche die Leitfähigkeit hätten fälschen können, in der Nähe der Einsaugöffnungen der Kondensatoren befanden.

Aus der totalen Leitfähigkeit und den, Registrierkurven entnommenen, Potentialgefällewerten wurde der vertikale Leitungsstrom berechnet.

II. An ungestörten Tagen ergab das Jahresmittel für die positive Leitfähigkeit $\lambda_+ = 4.93 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec, für die negative Leitfähigkeit $\lambda_- = 3.45 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec; das Verhältnis war $\lambda_+/\lambda_- = q_\lambda = 1.46$. Das mittlere gleichzeitige Potentialgefälle war PG = 279 Volt/m. Der Strom i errechnete sich zu $2.50 \cdot 10^{-16}$ Amp/cm^2. Die Extremwerte waren für λ_+ 0.63 und $26.2 \cdot 10^{-5}$, für λ_- 0.57 und $23.2 \cdot 10^{-5}$; q_λ schwankte zwischen 0.49 und 8.0.

Im jährlichen Gang hatte λ_+ an normalen Tagen Höchstwerte im Frühjahr und Herbst, Tiefstwerte im Winter, sowie im Mai und Juni. λ_- war einperiodisch mit hohen Werten vom Frühjahr bis zum Herbst, tiefen im Winter. q_λ war im Sommer und im Winter am höchsten.

Im Mittel hatte der tägliche Gang an ungestörten Tagen eine doppelte Welle mit Maxima in den späten Abend- und frühen Morgenstunden, Minima um Mitternacht und in den Morgenstunden.

III. An ungestörten Tagen bestanden zwischen der Leitfähigkeit und den meteorologischen Elementen folgende Beziehungen:

Mit besser werdender Sicht wuchsen beide Leitfähigkeiten, besonders stark die negative. Ferner nahm die Leitfähigkeit mit wachsender relativer Feuchte ab, und zwar vollzog sich das fast geradlinig, wobei λ_- stärker als λ_+ beeinflußt wurde. Mit zunehmender Äquivalent-Temperatur stieg die Leitfähigkeit.

Der jährliche Gang der Leitfähigkeit war überwiegend meteorologisch bedingt und wurde vor allem von dem Verhalten der Sichtweite, der relativen Feuchtigkeit und der Äquivalent-Temperatur bestimmt.

Bei einer Ordnung des Materials nach Luftkörper hatten tropisch-kontinentale, polare und kontinentale Luft die höchste Leitfähigkeit; die Werte bei polar-maritimer, maritimer und tropisch-maritimer Luft entsprachen dem Mittel an ungestörten Tagen. Die Gesamtleitfähigkeit war bei kontinentaler

Luft größer als bei maritimer. q_λ lag bei maritimer und tropisch-maritimer Luft über, bei tropisch-kontinentaler, polarer und polar-maritimer Luft erheblich unter dem Mittel. Die kleinsten Gefällewerte traten bei polar-maritimer, die höchsten bei Mischluft auf. Wetterentwicklung und Wetterumschwung ließen Änderungen der Leitfähigkeit erkennen, dagegen überdeckten örtliche meteorologische Einflüsse vielfach den luftelektrischen Charakter eines alternden Luftkörpers.

Die Leitfähigkeitswerte für die 8 Hauptwindrichtungen unterschieden sich nicht sehr, was eine Folge der Vermischung von Luftkörper- und Stadteinfluß war. Die Zunahme der Leitfähigkeit mit wachsender Windstärke konnte auf Luftkörpereinflüsse zurückgeführt werden, die auch eine Abhängigkeit der Leitfähigkeit vom Massenaustausch vortäuschten.

Die aus Mittelwerten abgeleiteten Beziehungen zwischen Meteorologie und Leitfähigkeit sind nicht statistischer Natur, da an Einzelbeispielen der Einfluß der täglichen Änderungen der meteorologischen Elemente auf die Leitfähigkeit nachgewiesen werden konnte.

IV. Die gestörten Tage brachten folgende Ergebnisse:

An Stcu- und St-Tagen waren $\lambda+$, $\lambda-$, q_λ und i kleiner als an ungestörten Tagen; PG war an Stcu-Tagen höher, an St-Tagen niedriger als an Normaltagen. Beim Vorüberzug einzelner Stratocumuli nahm die Gesamtleitfähigkeit zu, bei stärkeren Schwankungen von q_λ. Der Einfluß schneller Bewölkungszunahme und -abnahme auf die Leitfähigkeit wurde verfolgt.

$\lambda+$, $\lambda-$, q_λ und i nahmen mit stärker werdendem Nebel erheblich ab, PG wurde größer. Mit wachsendem Dunst wurden $\lambda+$, $\lambda-$ und i kleiner, q_λ nahm zu. In mehreren Dauermessungen wurde der Einfluß kurzfristiger Schwankungen der Nebel- und Dunststärke auf die luftelektrischen Elemente nachgewiesen.

Die Leitfähigkeit bei Niederschlägen war nach Art und Stärke derselben verschieden. Regentropfen und Sprühregen ergaben kleine Werte für $\lambda+$ und $\lambda-$; q_λ lag wenig über 1. Bei Landregen waren beide Leitfähigkeiten sehr hoch; q_λ schwankte um 1. Bei Schauerregen überwog im Durchschnitt die negative Leitfähigkeit die positive um das Doppelte, wobei q_λ um so kleiner wurde, je höhere Werte das negative Potentialgefälle annahm. Die geringeren Störungen des normalen Erdfeldes bei Regentropfen und leichtem Regen konnten auf die mit den Wolken wandernden Ladungen zurückgeführt werden. Die kräftigen, langanhaltenden Störungen bei Schauerregen erklärten sich aus einer starken Neubildung leichter Ionen, sowie aus einer Erhöhung der Ionenbeweglichkeit. Die Ionenbeigkeit war am stärksten bei einem Vorzeichenwechsel des Erdfeldes. Für Schneefälle wurde die Wilsonsche Hypothese über die Ionenadsorbtion an Niederschlägen bestätigt.

Die Messungen der Leitfähigkeit bei regenlosen Böen und Ferngewittern brachten gleichartige Ergebnisse. Mit Einsetzen oder Aufhören der Bö veränderten sich $\lambda+$ und $\lambda-$ vielfach um mehrere hundert Prozent innerhalb einer Minute. Bei negativem Potentialgefälle war $\lambda-$ stets sehr hoch, $\lambda+$ sehr klein, q_λ war beträchtlich unter 1. Positive Zacken des PG gingen mit sehr hohen q_λ-Werten parallel, die sich aus mäßig hohen $\lambda+$- und sehr kleinen $\lambda-$-Werten erklärten. Einem Wechsel des Potentialgefälles vom negativen zum positiven (vom positiven zum negativen) Vorzeichen ging stets eine Änderung von q_λ

von Werten < 1 zu Werten > 1 (von Werten > 1 zu Werten < 1) voran. Änderungen der Jonenverteilung führten also zu Änderungen des Potentialgefälles.

Während eines Nahgewitters wurden bei hohen Absolutwerten von λ_+ und λ_- die größten Schwankungen der Leitfähigkeit beobachtet; die Amplitude betrug innerhalb einer halben Minute bis zu $18 \cdot 10^{-5}$ E. S. E./sec. Mit zunehmender Entfernung des Gewitters ließen die Schwankungen nach. Der Übergang zu normalen Werten vollzog sich sprunghaft in mehreren Stufen.

Die Leitfähigkeit war am Vormittage eines Tages mit einem Wärmegewitter höher als zur gleichen Zeit des Vortages. Bis zum Ausbruch des Gewitters ging die Leitfähigkeit zurück, q_λ wurde merklich kleiner.

V. Die von September bis Dezember 1934 vorgenommenen Vergleichsmessungen zwischen der Leitfähigkeit und der Zahl der leichten Jonen ergaben im Mittel der ungestörten Tage für die leichten positiven Jonen $n_+ = 87$, für die negativen Jonen $n_- = 60$, für das Verhältnis $n_+/n_- = q_n = 1.45$. Die Vergleichswerte für die Leitfähigkeit waren $\lambda_+ = 4.65 \cdot 10^{-5}$, $\lambda_- = 3.45 \cdot 10^{-5}$, $q_\lambda = 1.35$. Die Absolutwerte der leichten Jonen fielen wegen des in beiden Kondensatoren vorhandenen Gegenfeldes um ca. 40 % zu klein aus.

Zwischen positiver Leitfähigkeit und positiven leichten Jonen bestand eine strenge Parallelität; für λ_- konnten zwei Bereiche mit verschieden starken Anteilen der negativen Jonen nachgewiesen werden.

Die Beweglichkeit der positiven Träger war kleiner als die der negativen. Die kleinen Werte von q_λ an Steu-Tagen, sowie die hohen λ_--Werte bei Landregen erklärten sich aus der dann hohen Beweglichkeit der negativen Jonen.

VI. Die im Dezember 1934 vorgenommenen Vergleichsmessungen zwischen Leitfähigkeit und Kernzahlen ergaben an ungestörten Tagen eine Gesamtkernzahl $Z = 19\,340$ und Werte für $\lambda_+ = 3.77 \cdot 10^{-5}$, $\lambda_- = 2.55 \cdot 10^{-5}$, $q_\lambda = 1.48$. Mit wachsender Kernzahl nahm die Leitfähigkeit ab. Dies erklärte sich für λ_+ aus der Abnahme der Zahl der positiven leichten Jonen, für λ_- aus dem Rückgang der Beweglichkeit der negativen Jonen.

Die vorliegende Arbeit wurde im luftelektrischen Laboratorium des Meteorologischen Observatoriums in Potsdam ausgeführt. Herrn Professor Dr. K. Kähler bin ich für die Anregung zur Arbeit und für die Hilfe bei ihrer Ausführung zu besonderem Dank verpflichtet.

Lebenslauf.

Am 30. 12. 1911 wurde ich als Sohn des Stadtobersekretärs Karl Zegula und seiner Ehefrau Elise, geb. Ribbe, in Potsdam geboren. Ostern 1919 wurde ich in die Oberrealschule am Hindenburgpark zu Berlin-Wilmersdorf eingeschult und bestand im Frühjahr 1931 an der gleichen Anstalt mein Abiturientenexamen. Zum Sommersemester 1931 bezog ich die Universität Berlin, um Meteorologie, Ozeanographie, Geographie, Physik, Mathematik und Philosophie zu studieren. Nach einem einsemestrigen Studium an der Universität Innsbruck im Sommersemester 1933 setzte ich mein Studium an der Berliner Universität fort. Im Wintersemester 1933/34 erhielt ich von Herrn Prof. Dr. Kähler das Thema meiner Dissertation, die ich im Luftelektrischen Laboratorium des Meteorologischen Observatoriums Potsdam ausführte. Im Dezember 1935 bestand ich meine Doktorprüfung an der Universität Berlin.

Meine Lehrer waren die Herren Professoren Bieberbach, Defant, Feigl, von Ficker, Kähler, Klebelsberg, Knoch, Köhler, Krebs, Metz, Nernst, Rieffert, Robitzsch, E. Schmidt, Solger, Troll, A. Wagner, Wehnelt, Wüst.

Seit dem 1. Januar 1936 arbeite ich mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Luftelektrischen Laboratorium des Meteorologischen Observatoriums Potsdam.